DIE NATURWISSENSCHAFTEN

WOCHENSCHRIFT FÜR DIE FORTSCHRITTE DER NATURWISSENSCHAFT, DER MEDIZIN UND DER TECHNIK

HERAUSGEGEBEN VON

DR. ARNOLD BERLINER UND PROF. DR. AUGUST PÜTTER

Neunter Jahrgang. 18. März 1921. Heft 11.

Zur Erinnerung an Josef Loschmidt.

Von F. Exner, Wien.

Mit dem 15. März 1921 jährt sich zum hundertsten Male der Tag, an welchem *Josef Loschmidt* geboren wurde; wenn ich bei dieser Gelegenheit eine, freilich sehr kurze biographische Skizze dieses außerordentlichen Mannes entwerfe, so tue ich das als einer der letzten Physiker, dem es noch vergönnt war, mit *Loschmidt* in regem persönlichen Verkehr zu stehen. Nicht nur als sein unmittelbarer Nachfolger im Amte, als er 1891 von diesem zurücktrat, sondern schon viele Jahre vorher konnte ich mich seines Umganges erfreuen, in jener ungezwungenen Weise, wie sie dem trefflichen Charakter dieses Mannes entsprach. Solche Stunden sind unvergeßlich, und ihre lebendige Wirkung ist nicht durch die Lektüre der dicksten Bücher zu ersetzen. Wenn ich sagen sollte, was mir am lebhaftesten von der Denkweise *Loschmidts* in Erinnerung geblieben, so wäre es die Sicherheit, mit welcher er in allen Fragen, mögen diese wissenschaftliche Probleme oder solche des täglichen Lebens betroffen haben, das Wesentliche vom Unwesentlichen zu trennen wußte und letzteres in seinem Ideengang einfach beiseite schob. Mit dieser schlichten Denkweise eng verbunden war bei *Loschmidt* eine seltene Herzensgüte und Bescheidenheit; völlig neidlos konnte er sich über wissenschaftliche Erfolge anderer ebenso freuen wie über eigene.

Aber die Bescheidenheit! Oft schon wurde den österreichischen Naturforschern der Vorwurf gemacht, sich und ihre Werke in allzu großer Bescheidenheit nicht in das richtige Licht gestellt zu haben, so daß ihre Persönlichkeit meist im Dunkeln blieb. Der Vorwurf ist nicht ungerechtfertigt, es scheint aber diese Scheu vor der Öffentlichkeit im Volkscharakter zu liegen, und schwer würde es sein, in dieser Frage das Für und Wider richtig zu erwägen. Unwillkürlich drängt sich hier die Erinnerung an einen Vorgänger *Loschmidts* auf, an *Ch. Doppler*. Überall in der Welt, wo physikalische Forschung betrieben wird, kennt man das Dopplersche Gesetz, aber wie wenige nur wissen, daß *Ch. Doppler* 1850 als Professor der Physik an der Wiener Universität wirkte und daß er der Gründer des dortigen physikalischen Instituts war, wenn ich nicht irre, des ersten staatlichen Instituts dieser Art in deutschen Landen. Und ähnlich stand es mit *Loschmidt*. Er, der der Welt das sichere Fundament aller Atomistik gegeben hat, war bei Lebzeiten vielfach ein Unbekannter. Noch erinnere ich mich lebhaft eines Gespräches, das ich im Jahre 1870 in Zürich mit meinem leider schon lange verstorbenen Lehrer *A. Kundt* hatte; als ich da von *Loschmidts* Wirken in Wien sprach, meinte er ganz verwundert: „Wie, *Loschmidt* lebt noch, und in Wien?“ Er hatte ihn offenbar zu den unbestimmten Größen einer längst vergangenen Zeit gezählt.

Ch. Doppler und der etwa zwanzig Jahre jüngere *Loschmidt* zeigten überhaupt manche Ähnlichkeit; beide waren eigentlich Autodidakten; mit den Fehlern und Vorzügen derselben, aber der Altersunterschied beider war für ihre Entwicklung von einschneidender Bedeutung. Das Jahr 1850 brachte nämlich für Österreich, abgesehen von allem andern, auch die gründliche Reorganisation der Universitäten. Damit waren mit einem Schlage die bis dahin verschlossenen Türen ins Ausland geöffnet und ein wissenschaftlicher Verkehr konnte beginnen. Nun hat *Ch. Doppler* diesen Zeitpunkt nur um Weniges überlebt, seine Tätigkeit fällt vollständig in die alte beschränkte Zeit — nicht einmal die damaligen französischen Lehrbücher der Physik konnte er sich verschaffen —, und das erklärt manches sonst Unverständliche in seinen Arbeiten. Für *J. Loschmidt* dagegen war das Jahr 1850 zugleich der Anfang seiner wissenschaftlichen Tätigkeit, und so konnte er aus der neuen Zeit auch den entsprechenden Vorteil ziehen.

Man kann nicht sagen, daß über *Loschmidts* Geschick ein ganz besonderer Glücksstern waltete, es wäre denn, daß ihm die Natur ein zufriedenes Gemüt und ein reiches Innenleben gewährte, freilich nicht wenig. Aber mit äußeren Glücksgütern war *Loschmidt* niemals gesegnet, er strebte auch solche gar nicht an, als insofern sie ihm die Möglichkeit zum Leben und Forschen gaben; was darüber hinausging, rechnete er nicht mehr zum Wesentlichen des menschlichen Daseins und legte kein Gewicht darauf. Aber doch war ihm das Glück nicht ganz abhold, ja es griff zu öfteren Malen entscheidend in seinen Lebensgang ein. So schon in seiner frühesten Kindheit, als der in dem kleinen Orte Putschirn bei Karlsbad in Böhmen geborene und aufgewachsene Knabe die Aufmerksamkeit des dortigen Pfarrers, wohl durch seinen aufgeweckten Geist, auf sich lenkte. Dieser treffliche Mann ermöglichte es dem Knaben, der bis dahin die Ziegen hütete, die niedere Schule und später sogar das Gymnasium in Prag zu besuchen. Mit diesem Glücksfall war für *Loschmidt* die Richtung seines künftigen Lebenslaufes gegeben; wenn ich sage Glücksfall, so ist

das vielleicht nicht ganz der richtige Ausdruck, denn wie vielen hätte das gleiche begegnen können, ohne daß sie große Gelehrte geworden wären. Es war eben ein glückliches Zusammentreffen günstiger Umstände von beiden Seiten.

Die Absolvierung des Gymnasiums zog natürlich das Universitätsstudium, gleichfalls in Prag, nach sich, und da war es zum zweitenmal, daß ein Zufall wesentlich günstig bestimmend auf seine weitere Entwicklung einwirkte. Zu dieser Zeit war *Loschmidt* materiell auf sich selbst angewiesen, was zahlreiche Lektionen und ähnliche Beschäftigungen im Gefolge hatte. Nun wirkte damals mein Vater als Professor der Philosophie in Prag und benötigte eines Augenübels wegen einen Vorleser; seine Wahl fiel auf den jungen *Loschmidt*, den er von den Vorlesungen her kannte und dessen reger Geist ihm wohl aufgefallen sein mochte. Diese Tätigkeit als Vorleser nun bildete einen Wendepunkt in *Loschmidts* Leben, denn sie eröffnete ihm ein völlig neues Gebiet menschlicher Forschung, eben das philosophische, und mit wahrem Feuereifer stürzte er sich in dasselbe. Gerade damals begann die Philosophie *Herbarts* in Österreich Wurzel zu fassen, und es ist begreiflich, daß einen so regsamen Geist, wie den des jungen *Loschmidt*, die Herbartsche Behandlung der Psychologie und auch dessen Metaphysik lebhaft fesseln mußte. Besonders letztere enthält außerordentlich vieles, das einen angehenden Naturforscher, und dieses war *Loschmidt* in seinem Innern schon damals, zum kritischen Nachdenken reizen, ihm aber auch vielfach Bewunderung abringen mußte. Ob *Loschmidts* schon früh geübte Spekulationen auf dem Gebiete der Molekularphysik auch daher Anregung erfahren haben, ist mir nicht bekannt, scheint aber sehr wahrscheinlich. Es war ein Glück, daß *Loschmidt* in dieser frühen und empfänglichen Zeit und nicht erst später diesen philosophischen Einschlag erhalten hat, in einer Zeit, wo Anregungen noch mächtig wirken, aber nicht so fest sitzen, daß sie sich nicht mitunter in ganz anderer Richtung entwickeln können als der beabsichtigten. So ist es auch *Loschmidt* mit dem weiteren Studium der Philosophie ergangen, sobald er versuchte, konkrete Folgerungen aus ihren Prämissen zu ziehen. Die Aufgabe, die ihm gestellt wurde, *Herbarts* Psychologie in dessen Sinne streng mathematisch durchzuführen, gab den Anlaß, daß *Loschmidt* sich endgültig von der Philosophie lossagte und den Naturwissenschaften zuwandte. Die Überzeugung, zu der er während dieser Arbeit kam, daß es ganz aussichtslos ist, auf diesem Wege weiter zu kommen, indem eine Anwendung der Mathematik auf psychologische Probleme im Prinzipe verfehlt ist, machte ihn schließlich zum Renegaten, und „Renegaten sind die schlimmsten Feinde" pflegte er öfters zu sagen. Trotzdem aber hat *Loschmidt* die auf Philosophie verwandte Mühe niemals bereut, im Gegenteil, er sprach stets mit größter Dankbarkeit von dieser Zeit. Ich glaube in der Tat, daß die philosophische Ruhe und die, wie schon erwähnt, stets auf das Wesentliche gerichtete Art seines Geistes in jener Zeit ihre Wurzeln hatte. Und in diesem Sinne, so meinte ich, war dieses Zusammentreffen für *Loschmidts* Lebensweg von glücklicher Bedeutung.

Aber nicht in diesem Sinne allein; seine Tätigkeit als Vorleser erstreckte sich keineswegs nur auf philosophische Schriften, alles, was mit Literatur und Kunst im Zusammenhange steht, wurde in den Bereich dieser gemeinsamen Lektüre, Diskussion und Kritik gezogen. Insbesondere waren es die Klassiker der Poesie, der antiken sowohl wie der modernen, mit denen *Loschmidt* damals zum ersten Male in Berührung kam, und die auf den empfänglichen jungen Geist die nachhaltigste Wirkung übten. Ich kann mir nicht versagen, hier eine kleine, an sich unbedeutende Episode zu erwähnen, wie sie mir *Loschmidt* einst auf einem Spaziergange lachend und mit dem ihm eigenen Humor erzählte. Es war nach der Lektüre von *Schillers* Räubern; mein Vater mußte das Haus verlassen und *Loschmidt*, noch ganz begeistert von dem hohen Idealismus eines Karl Moor, unternahm es, sich als solchen zu maskieren, indem er den Schlafrock meines Vaters sich als Räubermantel um die Schultern warf und seine Faust mit einem großen Papiermesser vom Schreibtische bewaffnete. So stand er gewappnet da und deklamierte mit lauter Stimme, das Buch in der Hand, den großen Monolog. Da trat unversehens mein Vater, der etwas vergessen hatte, in die Stube; er erfaßte sofort mit Humor die Situation und der dramatische Effekt löste sich in allgemeine Heiterkeit auf. Ich bin völlig überzeugt, daß mein Vater sich damals über diesen Ausbruch jugendlichen Idealismusses herzlich gefreut hat. War diese starke Wirkung der Schillerschen Dichtung doch auch nichts anderes als das Echo einer gleichgestimmten Seele, deren Idealismus das ganze Leben hindurch sich gleichblieb, ein Idealismus, der den Geist immer zu den höchsten Problemen trieb, dem Herzen aber jene echte Güte verlieh, die jeder an *Loschmidt* schätzen mußte.

Hatte der Aufenthalt in Prag für *Loschmidts* Entwicklung die größte Bedeutung, so erhöhte sich diese noch durch seinen schon erwähnten Entschluß, das Studium der Philosophie endgültig mit jenem der Naturwissenschaften zu vertauschen. Diesen Entschluß durchzuführen, wandte er sich (1842) nach Wien zur Vollendung des höheren Studiums und widmete sich hier vorzüglich der Chemie. Gern hätte er diese Studien in Deutschland, wo damals der Wissenschaft ein wesentlich weiterer Horizont beschieden war, fortgesetzt, etwa bei *Liebig* in München oder bei *Wöhler* in Göttingen, allein dazu fehlten ihm die Mittel; die leidigen Sorgen des täglichen Lebens nötigten ihn, seine wissenschaftliche Tätigkeit abzubrechen und durch eine praktische in ver-

schiedenen chemischen Fabriken zu ersetzen. Allein das entsprach nicht seiner ideal angelegten Natur, und die materiellen Erfolge waren entmutigend. Sowohl seine Bemühungen, ein neues Verfahren in einer Salpeterfabrik einzuführen, als seine spätere Tätigkeit in verschiedenen anderen Fabriken scheiterten an der Ungunst äußerer Verhältnisse, vielleicht zum Teil auch daran, daß diese Tätigkeit eben nicht seiner Natur gemäß war. Er hat mir manchmal über diese Zeit geklagt, der prosaischen, in welcher er sich oft über die Ödigkeit des Fabrikbetriebes nur dadurch weghelfen konnte, daß er *Homer* laut rezitierend zwischen Kesseln und Retorten auf und ab ging, ein Streiflicht auf *Loschmidts* damalige Verfassung.

So trieb es ihn denn wieder nach Wien zurück zur reinen Wissenschaft. Das war im Jahre 1850, und zum dritten Male zeigte sich ihm das Geschick günstig. Zu dieser Zeit war in Österreich die Reorganisation der Universitäten in vollem Gange, und zur Durchführung derselben war mein Vater in das Ministerium nach Wien berufen worden. So ergab es sich zunächst, daß *Ch. Doppler* als Professor der Physik nach Wien übersiedelte, als dessen Nachfolger später *Ettingshausen*, *Stefan* und *Boltzmann* wirkten. Aber auch für *Loschmidt* fand sich eine zunächst freilich sehr bescheidene Stelle als Lehrer an einer Unterrealschule, allein sie gewährte ihm die Möglichkeit, sich wieder der Wissenschaft zu widmen. Hatte ihm die Tätigkeit in chemischen Fabriken an sich auch keine Befriedigung gewährt, so war doch die vielfache Beschäftigung mit chemischen Problemen für seine folgenden physikalischen Untersuchungen von großer Bedeutung. Mit dem Jahre 1850, als die Schranken gegen das Ausland fielen, kam auch ein neuer Geist in das wissenschaftliche Leben. Unter den Ideen, welche in den folgenden Jahren von außen zuströmten, waren, auf physikalischem Gebiete, zwei, die den auf das Allgemeine gerichteten Geist *Loschmidts* besonders fesselten und nachhaltig beschäftigten: die kinetische Theorie der Gase und die Thermodynamik. Beide, in den wesentlichsten Punkten von *Clausius*, zum Teil auch von *Maxwell* ausgebaut, berührten in mancher Hinsicht die molekulartheoretischen Spekulationen *Loschmidts* und halfen denselben einige Jahre später zu voller Reife. Das Jahr 1865 wird für alle Zeiten ein Markstein in der Entwicklung der Naturwissenschaften bleiben; es ist das Jahr, in welchem *Loschmidt* seine berühmte Arbeit „Zur Größe der Luftmoleküle" in den Schriften der Wiener Akademie der Wissenschaften veröffentlicht hat, ohne Zweifel die bedeutendste aller seiner Arbeiten. Auf wenigen Seiten enthält sie die Lösung eines Problems, das seit Jahrtausenden, seit *Demokrit* und *Epikur* die besten Geister beschäftigte, von vielen aber, denen die atomistische Struktur der Materie zweifelhaft war, überhaupt für unlösbar gehalten wurde. Ungeheuer ist in der Naturwissenschaft die Wirkung von Maß und Zahl; hatten die Atomistiker bisher wohl eine vage Vorstellung von der Kleinheit der Moleküle und Atome, so waren doch keinerlei Grenzen nach unten gegeben, und allem Theoretisieren und Spekulieren weiter Spielraum gelassen. Dem war auf einmal ein Ziel gesetzt; wollte man die Wirkung der Loschmidtschen Arbeit etwa durch eine Analogie illustrieren, so denke man an den Zustand der Himmelsmechanik zur Zeit *Newtons*, wo zwar schon die Gesetze der Bewegung, nicht aber die Massen der Himmelskörper bekannt waren. Welches grelle Licht haben dann die Versuche von *Maskelyne* und jene von *Cavendish* auf den Zustand unserer Erde und des ganzen Planetensystems geworfen? Und wieviel umfassender ist doch die Wirkung der Loschmidtschen Entdeckung, denn sie betrifft die Konstitution der Materie schlechtweg, das heißt aller Quellen in der Natur, von denen irgendein Geschehen ausgeht. In der Tat eine überwältigende Idee! Der Schöpfer einer solchen sollte nicht vergessen werden. *Loschmidt* war der erste, der außer der Größe auch die Zahl der Moleküle in der Volumeneinheit eines normalen Gases bestimmt hat oder, was daraus folgt, die Zahl der Moleküle im Mol einer Substanz. Diese Zahl, auf welcher die ganze moderne Atomistik fußt, ist die Loschmidtsche Zahl und nicht, wie sie oft genannt wird, die Avogadrosche. Letztere Bezeichnung ist irreführend, *Avogadro* hat mit dieser Zahl absolut nichts zu tun.

Es ist begreiflich, daß die Arbeit *Loschmidts* großes und berechtigtes Aufsehen machte; für *Loschmidt* selbst hatte es die erfreuliche Folge, daß er bald darauf (1867) zum Mitgliede der Akademie der Wissenschaften in Wien gewählt und (1868) zum Professor der Physik an der Wiener Universität ernannt wurde. In letzterer Eigenschaft stand ihm auch ein kleines, äußerst bescheidenes Laboratorium zur Verfügung (ohne Assistenten). Trotz der beschränkten Verhältnisse und Mittel vermochte er auch hier noch ganz vortreffliche Experimentaluntersuchungen auszuführen, von denen hier nur auf eine aus dem Jahre 1870 verwiesen sein soll, in welcher er durch Bestimmung der freien Diffusion von Gasen ineinander eine schöne Bestätigung und Stütze der kinetischen Gastheorie lieferte. Auch dabei kamen ihm seine chemischen Studien aus früheren Zeiten trefflich zustatten. Freilich alle seine Ideen glücklich auszuführen, dazu reichten die Mittel, die ihm zur Verfügung standen, bei weitem nicht, sonst hätte er das Kerrsche Phänomen lange vor *Kerr* und das Hallsche lange vor *Hall* gefunden. Beide hat er theoretisch vorausgesehen und experimentell ganz in der Weise gesucht, wie die Phänomene später unter günstigeren Bedingungen wirklich entdeckt wurden. Trotz dieses Mißerfolges ist es erstaunlich, was *Loschmidt* mit seinen bescheidenen Mitteln doch zustande brachte, und das wurde auch von der Unterrichts-

verwaltung anerkannt, aber nicht etwa dadurch, daß man es *Loschmidt* zugute schrieb, vielmehr wurden diese Verhältnisse mit Vorliebe als Beweis dafür benutzt, wie überflüssig gut und vollkommen eingerichtete Institute seien; difficile est satyram non scribere.

Sollte man es *Loschmidt* verargen, daß er Phänomene gesucht und nicht gefunden, Experimente mit negativem Erfolge ausgeführt hat? Gewiß nicht; abgesehen von der Unzulänglichkeit der Apparatur, die, wie bei den oben angeführten, den Erfolg verhinderte — und es waren das nicht die einzigen —, so ist es doch ein Beweis von richtigem theoretischen wie experimentellem Denken, das Mögliche vorausgesehen zu haben. Muß man es nicht als einen Ausfluß von *Newtons* Genie ansehen, daß er Lichtgeschwindigkeit bei materiellen Teilchen für möglich hielt? Nicht viele dürften bis vor kurzer Zeit an diese Möglichkeit geglaubt haben, und doch haben uns jetzt die radioaktiven Stoffe den Beweis für die Wirklichkeit erbracht. Im Unbekannten das Mögliche vom Unmöglichen zu unterscheiden, setzt Genie voraus.

Viele werden vielleicht über die relativ geringe Zahl von Publikationen *Loschmidts* erstaunt sein; die Erklärung dafür liegt nicht in seinem Können, sondern in seinem Charakter. Er sagte mir einmal mit Rücksicht darauf: „Wissen Sie, solche Arbeiten wie die anderen könnte ich auch machen, da wäre mir aber leid um die Zeit.“ Das entspricht ganz der Denkweise *Loschmidts*, die immer nur auf das Wesentliche und Höchste gerichtet war; auch darin zeigte sich sein Idealismus. Ist die Zahl seiner Arbeiten auch nicht groß, so ist doch, was er uns hinterlassen, wahrhaftig genug für ein Menschenleben, groß genug, sich daran zu erfreuen und des Spenders dankbar zu gedenken.

Die Loschmidtsche Zahl und die modernen Methoden ihrer Bestimmung.

Von Arthur Haas, Leipzig.

So alt wie alle theoretische Physik ist die Vorstellung, daß die *Materie* eine *individuelle*, eine *atomistische Zusammensetzung* besitze; aber diese Vorstellung war so lange eine bloß spekulative Hypothese, als keine *quantitative* Aussage über die Atome möglich war. Die im Beginne des neunzehnten Jahrhunderts durch *Dalton* begründete *chemische* Theorie bot zuerst die Möglichkeit, die *Massen der Atome* in einem *relativen Maße* zu bestimmen, bei dem als Einheit die Masse des Wasserstoffatoms, genauer später der sechzehnte Teil der Masse des Sauerstoffatoms diente. Eine *absolute* Bestimmung der Atommasse gelang erst im Jahre 1865 *Loschmidt* durch eine geniale Überlegung, die sich auf Beziehungen der *kinetischen Gastheorie* stützte; erst durch diese große Geistestat wurde, was bis dahin nur philosophische Spekulation gewesen war, zu einer exakten wissenschaftlichen Erkenntnis.

Das *Verhältnis* zwischen den beiden Zahlen, die die Masse eines Atoms im relativen und im absoluten Maße bestimmen, wird darum heute allgemein als die *Loschmidtsche Zahl* bezeichnet. Man kann sie auch definieren als die *Zahl der in einem Grammatom enthaltenen Atome* oder, was dasselbe ist, der in einer Grammolekel enthaltenen Molekeln, wenn man unter einem Grammatom oder unter einer Grammolekel einer Substanz eine Masse von soviel Grammen versteht, als das Atom- oder Molekulargewicht der betreffenden Substanz beträgt. Es ist also z. B. ein Grammatom Wasserstoff 1,0077 g; ein Grammatom Sauerstoff 16,000 g; eine Grammolekel Wasser 18,016 g usw. Bezeichnen wir die *Masse des Wasserstoffatoms* mit M und die Loschmidtsche Zahl mit L, so ist also:

$$L = \frac{1{,}0077\ \text{g}}{M} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1$$

Während *Loschmidts* Rechnungen nur zu der *Größenordnung* der später nach ihm benannten Zahl führten (zu etwa 10^{22}), kennt seit dem Jahre 1900 die Physik den Wert dieser fundamentalen universellen Konstanten sehr genau; ja mehr als das, sie verfügt infolge der großen theoretischen Fortschritte heute über so viele, voneinander gänzlich unabhängige und äußerst genaue Methoden zur Ermittlung der Konstanten, daß man ohne Übertreibung sagen kann, daß heute der Naturforschung der Wert der Atommasse viel genauer und mit viel größerer Sicherheit bekannt ist als etwa der der Erdmasse. Über die mannigfachen Methoden, die heute der theoretischen Physik die genaue Bestimmung der Loschmidtschen Zahl ermöglichen, möge im folgenden eine kurze Zusammenstellung gebracht werden.

Wir wollen dabei vier Gruppen von Methoden unterscheiden, die aber natürlich wieder mannigfach miteinander kombiniert werden können: 1. solche Methoden, die die Loschmidtsche Zahl nur mit dem *elektrischen Elementarquantum* (e) verknüpfen; 2. solche, die die Loschmidtsche Zahl nur mit dem elementaren *Wirkungsquantum* (h) in Verbindung bringen; 3. solche, die die Loschmidtsche Zahl gleichzeitig mit den Konstanten e und h und überdies noch mit der *Masse* (m) *der negativen Elektronen* kombinieren, und 4. solche Methoden, die unabhängig von den Grundgrößen der Elektronen- und der Quantentheorie unmittelbar zu der Loschmidtschen Zahl durch Untersuchung von *Molekularerscheinungen* führen.

A. Kombination von L und e.

I. Die Elektrolyse. Wie schon *Faraday* (1833) entdeckte, wird von der Einheit strömender Elektrizität immer dieselbe Zahl von Grammatomen eines einwertigen Stoffes abgeschieden, die doppelte eines zweiwertigen und so fort. Nach

sehr genauen Messungen wird ein Grammatom eines einwertigen Stoffes in der Zeiteinheit bei einer Stromstärke von 96 494 Ampère ausgeschieden; das entspricht einer Elektrizitätsmenge, die in elektrostatischen Einheiten gemessen $3 \cdot 10^9$-mal so groß ist (der Faktor stellt den zehnten Teil der in cm/sec gemessenen Lichtgeschwindigkeit dar; genauer ist er $2{,}999 \cdot 10^9$). Einem Grammatom eines einwertigen Stoffes haftet also eine Elektrizitätsmenge von $2{,}8939 \cdot 10^{14}$ elektrostatischen Einheiten an. Die Elektrizitätsmenge, die einem *einzelnen* einwertigen *Atom* anhaftet und die eben als das elektrische Elementarquantum definiert wird, finden wir daher, wenn wir die zuletzt angegebene Zahl noch durch die Loschmidtsche Zahl dividieren; somit ist:

$$e \cdot L = 2{,}8939 \cdot 10^{14} \text{ elektrostat. Einh.} \quad . \quad . \quad (2$$

II. Die Ablenkung der Alphastrahlen. Von radioaktiven Substanzen werden positiv elektrische Strahlen, sogenannte α-Strahlen, ausgesandt, deren Teilchen sich als geladene *Heliumatome* erwiesen, und zwar muß aus der Theorie des periodischen Grundstoffsystems geschlossen werden, daß die Ladung zwei Elementarquanten beträgt; die Masse der α-Teilchen ist hingegen, weil das Atomgewicht des Heliums vier ist, gleich $4\,M$. Nun läßt sich die sogenannte *spezifische Ladung* (γ) der α-Teilchen, nämlich das Verhältnis zwischen ihrer Ladung und ihrer Masse, dadurch ermitteln, daß man die Ablenkung der Strahlen sowohl im elektrischen als auch im magnetischen Felde mißt. Man fand so:

$$\gamma = 1{,}45 \cdot 10^{14} \text{ abs. Einh.}$$

Nun ist aber nach dem früher Gesagten $\gamma = 2\,e/4\,M$, also ist nach Gl. (1):

$$\gamma = \frac{e \cdot L}{2 \cdot 1{,}008},$$

und somit ergibt sich:

$$e \cdot L = 2{,}9 \cdot 10^{14} \text{ elektrostat. Einh.} \quad . \quad . \quad (3$$

Nach dieser Methode kann freilich das Produkt $e \cdot L$ bei weitem nicht so genau ermittelt werden wie nach der ersten; aber jedenfalls zeigt sich eine völlige Übereinstimmung zwischen den Ergebnissen, die nach den beiden grundverschiedenen Methoden gewonnen wurden.

III. Die Szintillation. Bringt man in die Nähe eines α-Strahlen aussendenden Präparates einen Schirm, auf dessen Oberfläche Zinkblende aufgetragen ist, so zeigt sich ein ständiges Aufblitzen diskreter Lichtpunkte. Es liegt die Annahme nahe, daß jeder Lichtblitz durch das Auftreffen je eines α-Teilchens verursacht wird. Indem man ein winziges Stück des Schirmes unter dem Mikroskop betrachtet, ist es möglich, die von einem Präparate in einer bestimmten Zeit ausgesandten *α-Teilchen direkt zu zählen* (*Rutherford* und *Geiger* sowie *Regener*, 1908). Andererseits konnte man auch wieder die gesamte Ladung bestimmen, die die Strahlen mit sich führen, und so wurde es möglich, die Ladung eines einzelnen α-Teilchens zu ermitteln. Man fand dafür $9{,}3 \cdot 10^{-10}$ elektrostat. Einh. Da die Ladung zwei Elementarquanten beträgt, ergibt sich somit

$$e = 4{,}7 \cdot 10^{-10} \text{ elektrostat. Einh.} \quad . \quad . \quad . \quad (4$$

IV. Die Individualbeobachtung kleiner elektrischer Ladungen. Ein kleines Materieteilchen (dessen Radius aber nicht wesentlich kleiner sein darf als etwa 10^{-4} cm) wird im Mikroskop unter dem doppelten Einfluß der eigenen Schwere und eines vertikal nach aufwärts wirkenden elektrostatischen Feldes beobachtet. Durch ein sogenanntes Einengungsverfahren läßt sich die Feldstärke ermitteln, bei der die elektrostatische Kraft dem Gewichte gleich ist, und dadurch läßt sich die kleine Ladung des Teilchens bestimmen. Indem *Millikan* durch radioaktive oder Röntgenstrahlung die Ladung um eine oder mehrere elementare Einheiten variierte, fand er mit sehr großer Genauigkeit schließlich:

$$e = 4{,}774 \cdot 10^{-10} \text{ elektrostat. Einh.,} \quad . \quad . \quad (5$$

wobei der mögliche Fehler nicht mehr betragen dürfte als $0{,}004 \cdot 10^{-10}$, sich also nur auf die dritte Dezimalstelle beziehen könnte.

Die Kombination der sehr genauen Werte aus den Gl. (2) und (5) ergibt für die *Loschmidtsche Zahl* den ebenfalls sehr genauen (nur in der letzten Dezimalstelle unsicheren) Wert:

$$L = 6{,}061 \cdot 10^{23} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (6$$

Für die *Masse des Wasserstoffatoms* folgt daraus nach Gl. (1):

$$M = 1{,}66 \cdot 10^{-24} \text{ g.} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (7$$

In zwei Gramm Wasserstoff sind danach ungefähr eine *Quadrillion* Atome enthalten; die Masse eines Atoms verhält sich zu der eines Steines von einigen Dekagramm so wie dessen Masse zu der der Erde.

In einem engen Zusammenhang mit der Loschmidtschen Zahl steht eine andere Konstante, die bisweilen auch so genannt wird, die besser aber heute als die *Avogadrosche Zahl* bezeichnet wird (sie war es allerdings, die *Loschmidt* selbst der Größenordnung nach berechnete). Die Avogadrosche Zahl ist die Zahl der Molekeln, die in einem Kubikzentimeter bei 0 ° und Atmosphärendruck enthalten sind. Diese Zahl muß nach dem Avogadroschen Gesetz bekanntlich für alle Gase dieselbe sein, so daß auch sie als eine universelle Konstante angesehen werden kann. Da 1 ccm Wasserstoff bei 0 ° und Atmosphärendruck 0,000 089 9 g wiegt, so folgt aus Gl. (6) für die Avogadrosche Zahl, die mit A bezeichnet werde,

$$A = 5{,}45 \cdot 10^{19} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (8$$

B. Kombination von L und h.

Durch *Planck* wurde im Jahre 1900 als eine ganz neue universelle Konstante in die Physik das *elementare Wirkungsquantum* (h) eingeführt. Seine Existenz äußerst sich nach *Plancks* Annahme vor allem darin, daß sich alle Strahlungsenergie aus Energiequanten von der Größe $h\nu$ zusammensetzt, wobei ν die Frequenz der Strahlung

bedeutet. Durch Kombination zweier Methoden war es *Planck* im Jahre 1900 möglich, sowohl das elementare Wirkungsquantum als auch die Loschmidtsche Zahl recht genau zu bestimmen. In den Formeln spielt eine Rolle auch die sogenannte *Gaskonstante* (R). Nach dem bekannten Gesetz der idealen Gase ist nämlich das Produkt aus dem Drucke eines Gases und seinem auf eine Grammmolekel bezogenen spezifischen Volumen derart proportional der absoluten Temperatur, daß der Proportionalitätsfaktor R eine universelle Konstante darstellt, für die die Messungen den Wert ergaben:

$$R = 8{,}315 \cdot 10^7 \text{ erg/grad} = 1{,}976 \text{ calorie/grad}. \quad (9$$

V. Das Stefansche Strahlungsgesetz. Die von einem schwarzen Körper in der Zeiteinheit ausgestrahlte Wärmemenge, bezogen auf die Einheit der Oberfläche, also das sogenannte *Emissionsvermögen*, ist, wie schon *Stefan* im Jahre 1879 entdeckte, *der vierten Potenz der absoluten Temperatur proportional*. Für den als *Stefansche Konstante* bezeichneten und genau meßbaren Proportionalitätsfaktor ergibt nun die Plancksche Quantentheorie die Deutung:

$$a = \frac{2\,\pi^5\,R^4}{15\,L^4\,c^2\,h^3} \quad \ldots\ldots\ldots (10$$

(c die Lichtgeschwindigkeit; übrigens wird als Stefansche Konstante auch eine andere Größe bezeichnet, die sich durch weitere Multiplikation mit $4/c$ ergibt.)

VI. Das Wiensche Verschiebungsgesetz. Der spezifische Anteil, der von dem gesamten Emissionsvermögen eines strahlenden schwarzen Körpers auf die einzelnen Bereiche des Spektrums entfällt, besitzt ein Maximum für eine bestimmte Wellenlänge (λ_{max}). Wie nun *Wien* im Jahre 1895 entdeckte, verschiebt sich diese maximale Wellenlänge mit zunehmender Temperatur derart, daß das Produkt:

$$\lambda_{max} \cdot T = b \quad \ldots\ldots\ldots (11$$

eine universelle Konstante darstellt. Sie wird als die *Wiensche Konstante* bezeichnet, ist genau meßbar und hat nach der Quantentheorie die Bedeutung:

$$b = \frac{c\,h\,L}{4{,}9651 \cdot R}, \quad \ldots\ldots\ldots (12$$

wobei die im Nenner des Bruches stehende Zahl die Wurzel der transzendenten Gleichung ist:

$$\frac{x}{5} + e^{-x} = 1.$$

Die Werte der Stefanschen und der Wienschen Konstanten waren nun *Planck* aus Messungen bekannt, nämlich:

$$\left.\begin{aligned} a &= 5{,}29 \cdot 10^{-5}\ \frac{\text{erg}}{\text{cm}^2\,\text{sec}\,\text{Grad}^4} \\ \text{und} \qquad b &= 0{,}294\ \text{cm} \cdot \text{Grad} \end{aligned}\right\} \quad \ldots (13$$

Indem *Planck* also die beiden Gl. (10) und (12) nach h und L als Unbekannten auflöste, fand er für das elementare Wirkungsquantum einen Wert von $6{,}548 \cdot 10^{-27}$ erg . sec, hingegen für die Loschmidtsche Zahl:

$$L = 6{,}17 \cdot 10^{23}. \quad \ldots\ldots (14$$

Die Übereinstimmung zwischen diesem von *Planck* im Jahre 1900 abgeleiteten Werte und dem genauen der Gl. (6) ist eine vollkommene, wenn man die Mängel berücksichtigt, die den Messungen der Konstanten a und b anhaften.

C. Kontrolle durch Kombination von h und e.

Die bisherigen Methoden können dadurch kontrolliert werden, daß die theoretische Physik auch zu einem einfachen Zusammenhang zwischen h und e führt. Dieser Zusammenhang ergibt sich mittels eines wichtigen, von *Einstein* im Jahre 1905 aufgestellten Gesetzes, das die wechselseitige *Umwandlung zwischen korpuskularer* Elektronen- und elektromagnetischer *Wellenstrahlung* regelt. Wie das Energieelement der Wellenstrahlung dargestellt ist durch das Produkt $h\nu$, so das der korpuskularen Elektronenstrahlung durch das Produkt $e\,.\,V$, wenn V die *Potentialdifferenz* bedeutet, der das Elektron seine kinetische Energie verdankt. Das Einsteinsche Gesetz besagt nun, daß bei Umwandlungen Frequenz der Wellenstrahlung und Potential der korpuskularen durch die Beziehung verknüpft sind:

$$h\nu = e\,V, \quad \ldots\ldots\ldots (15$$

wozu noch ein additives, eine Arbeit darstellendes Glied kommen kann.

VII. Der lichtelektrische Effekt. Werden durch auffallende kurzwellige Strahlung aus der Oberfläche eines bestrahlten Körpers negative Elektronen losgerissen, wodurch der Körper zu einem Potential V aufgeladen wird, so ist

$$h\nu = e\,V + W, \quad \ldots\ldots (16$$

wenn W die Arbeit bedeutet, die zu der Abtrennung eines Elektrons aufgewendet werden muß und die natürlich von V und ν unabhängig ist. Indem die Messungen bei verschiedener Frequenz durchgeführt werden, läßt sich das Verhältnis h/e berechnen, was mit großer Genauigkeit *Millikan* (1916) gelang. Diese Methode ergibt für den Quotienten h/e denselben Wert wie eine Division der Größen, die *Planck* für h und *Millikan* für e ermittelt hatten.

D. Kombination von L, h, e und m.

Wenn uns keine der bisher besprochenen Methoden zur Verfügung stünde, so könnten wir gleichwohl mit großer Sicherheit und Genauigkeit die Loschmidtsche Zahl mittels der im folgenden zu besprechenden teils elektrischen, teils spektroskopischen Methoden ermitteln, bei denen die Konstanten L, h und e überdies noch verknüpft erscheinen mit der Masse m der negativen Elektronen.

VIII. Die spezifische Elektronenladung. Nach derselben Methode wie bei den α-Strahlen läßt sich auch bei den aus negativen Elektronen zusammengesetzten *Kathoden-* und *Betastrahlen* die

spezifische Ladung ermitteln, also das Verhältnis e/m. Derartige Messungen wurden zuerst (1899) von *Kaufmann* und *Wiechert* durchgeführt; neuere Messungen ergaben recht genau:

$$\frac{e}{m} = 5{,}31 \cdot 10^{17} \text{ abs. Einh.} \quad \ldots \quad (17$$

IX. Die Rydbergsche Konstante. Wie schon *Balmer* (1885) entdeckte, sind mit außerordentlicher Genauigkeit die Frequenzen der Linien des *Wasserstoffspektrums* durch die Formel darstellbar:

$$\nu = N\left(\frac{1}{s^2} - \frac{1}{n^2}\right), \quad \ldots \quad (18$$

wobei sowohl s als auch n einfache ganze Zahlen sind, N aber eine konstante Schwingungszahl von 3291 Billionen in der Sekunde bedeutet. Diese Konstante, die eine große Rolle auch in den Gesetzmäßigkeiten der Spektren anderer Grundstoffe spielt, wird als die *Rydbergsche Konstante* bezeichnet. Sie steht nun, wie zuerst der Verfasser dieses Aufsatzes und genauer später *Bohr* (1913) fanden, in einem engen Zusammenhange mit den Grundgrößen der Elektronentheorie und mit dem elementaren Wirkungsquantum. Es ist:

$$N = \frac{2\pi^2 e^4 m}{h^3}. \quad \ldots \quad (19$$

X. Die Violettverschiebung der Heliumlinien. Bei den Linien des Heliumspektrums zeigten sich zunächst vermeintliche Abweichungen zwischen der *Bohrschen Spektraltheorie* und der Beobachtung. Die Linien schienen tatsächlich etwas weiter gegen das Violette zu zu liegen, als es nach der Theorie erwartet wurde. Indem später *Bohr* in seiner Theorie auch den Umstand berücksichtigte, daß bei der Elektronenbewegung, die die Spektrallinien hervorruft, auch der *Atomkern mitgeführt* wird, gelang es ihm, die vermeintlichen Abweichungen vollkommen zu erklären. Weil die Kerne des Wasserstoff- und des Heliumatoms verschieden schwer sind, so scheint auch für die Spektren der beiden Elemente die Rydbergsche Konstante verschiedene Werte zu besitzen, die etwa mit N_H und N_{He} bezeichnet werden mögen. Die Theorie führt nun zu der Formel:

$$\frac{m}{M} = \frac{N_{He} - N_H}{N_H - \frac{1}{3{,}97} N_{He}}, \quad \ldots \quad (20$$

wobei die Zahl 3,97 das Verhältnis zwischen den Atomgewichten von He und H darstellt. Für die beiden Größen N_H und N_{He} ergaben nun die spektroskopischen Messungen mit außerordentlicher Genauigkeit:

$$\left.\begin{aligned} N_H/c &= 109\,677{,}69 \ (\pm 0{,}06)\,; \\ N_{He}/c &= 109\,722{,}14 \ (\pm 0{,}04). \end{aligned}\right\} \quad \ldots \quad (21$$

woraus folgt:

$$\frac{M}{m} = 1845 \quad \ldots \quad (22$$

(Die genaue Berechnung müßte allerdings, was hier nicht geschah, auch den geringfügigen, weniger als 1 ‰ ausmachenden Unterschied zwischen der Masse des Atomkernes und des ganzen Atoms berücksichtigen.)

XI. Die Feinstruktur der Spektrallinien. In stark auflösenden Spektralapparaten erweisen sich die Linien der optischen Wasserstoffserie als *Dublette* von konstanter Schwingungsdifferenz $\Delta\nu$. Für die Schwingungsdifferenz $\Delta\nu$, die entweder am Wasserstoffspektrum gemessen werden kann oder am Heliumspektrum, wo sie sechzehnmal größer ist, ergibt die *Sommerfeldsche Theorie der Feinstruktur* die Beziehung:

$$\Delta\nu = \frac{N\alpha^2 e^4}{4h^3 c^2}. \quad \ldots \quad (23$$

Indem nun die Gl. (17), (19), (22) und (23) angesehen werden als vier Gleichungen mit den vier Unbekannten e, m, M und h, können aus den vier Gleichungen diese fundamentalen Konstanten berechnet werden. Die Werte, die man so für e, M und h erhält, sind dieselben wie die mittels anderer Methoden abgeleiteten. Man erkennt dies am einfachsten, indem man aus dem bekannten Werte von e zunächst mittels der Gl. (17) m berechnet und dann die Werte von e, m, M und h in die Gl. (19), (22) und (23) einsetzt, die sich sodann genau erfüllt zeigen. Da mit besonderer Genauigkeit die Größen e und e/M [nach Gl. (1) und (2)], mit ziemlicher Genauigkeit auch das Verhältnis e/m bekannt sind, kann man umgekehrt auch wieder die Gl. (19) zu einer sehr genauen Bestimmung des elementaren Wirkungsquantums benutzen; denn die Rydbergsche Konstante läßt sich bei Berücksichtigung der Mitführung des Atomkernes äußerst genau berechnen zu

$$N/c = 109\,737{,}11 \ (\pm 0{,}06), \quad \ldots \quad (24$$

woraus für das elementare Wirkungsquantum der genaue Wert folgt:

$$h = 6{,}545 \cdot 10^{-27} \text{ erg} \cdot \text{sec} \ (\pm 0{,}012 \cdot 10^{-27}). \quad (25$$

Mit der Größe M ist natürlich nach Gl. (1) auch die Loschmidtsche Zahl gegeben.

E. Die unmittelbare Bestimmung von L.

Von großer Bedeutung ist es, daß sich die Loschmidtsche Zahl auch direkt ermitteln läßt, ohne daß hierzu eine Kombination mit den Konstanten e, h und m nötig wäre. Allerdings sind diese Methoden, auf die nur kurz zum Schlusse hingewiesen sei, weniger genau als die bisher besprochenen.

XII. Die Brownsche Bewegung. Auf Grund einer von *Einstein* (1905) entwickelten Theorie ist es möglich, die Loschmidtsche Zahl zu bestimmen, indem man unter dem Mikroskop die Brownsche Bewegung eines suspendierten Teilchens messend verfolgt. So fand *Perrin* für L etwa $7 \cdot 10^{23}$ (in allerletzter Zeit *Erich Schmid* in Wien $5{,}94 \cdot 10^{23}$).

XIII. Die Emulsionen. Wenn in einer Flüssigkeit Teilchen einer Substanz suspendiert sind, die

groß sind gegenüber den Flüssigkeitsmolekeln, so spricht man von einer Emulsion. Unter dem doppelten Einfluß der Schwere und der Molekularbewegungen stellt sich in der Verteilung der Teilchen über die verschiedenen Höhenlagen ein statistisches Gleichgewicht ein. Aus dessen Messung vermochte *Perrin* die Loschmidtsche Zahl zu $6{,}8 \cdot 10^{23}$ zu berechnen.

Innerhalb der Fehlergrenzen führen so die besprochenen voneinander unabhängigen Methoden doch zu denselben Werten von *L*. Wenn es als ein Argument für die Existenz der Außenwelt gilt, daß Gesichts-, Gehörs- und Tastempfindungen zu *denselben* Objekten führen, dann darf auch die Tatsache, daß sich die *Loschmidtsche Zahl* nach *grundverschiedenen Methoden* doch immer in *demselben Werte* ergibt, angesehen werden als ein *sicherer Beweis für die wirkliche Existenz der Atome.*

Das Problem der Geschlechtsumstimmung und die sogenannte Verjüngung.

Von W. Harms, Marburg.

Die Keimdrüsen nehmen eine Sonderstellung im Organismus ein, insofern als sie gleichzeitig die Fortpflanzungszellen bilden und vermöge der Inkretion diejenigen somatischen Organe zur Ausbildung bringen, die mit der Fortpflanzung im Zusammenhang stehen. Sie setzen sich zusammen aus dem generativen und intergenerativen Anteil. Den letzteren kann man auch als sexuellen Hilfszellkomplex bezeichnen. Der generative Anteil, der aus den Keimzellen besteht, wird schon früh, bei sehr vielen Tieren in den ersten Stadien der Furchung, von den Somazellen abgegliedert. Die Keimzellen nehmen so eine von den somatischen Zellen gesonderte Entwicklungsrichtung, die wir als Keimbahn bezeichnen. Da die Keimzellen so eine Kontinuität in der Reihe der aufeinanderfolgenden Generationen beibehalten, so sind sie theoretisch unsterblich.

Die generativen Anteile der männlichen und weiblichen Keimdrüse der Wirbeltiere sind nun nicht eigentlich homolog (*Kohn* 1920). Die Hoden sind gewissermaßen distalwärts orientiert. Die ursprüngliche Keimepithelanlage wird zu einem indifferenten Endothel. Die vom Keimepithel sich bildenden Sexualstränge jedoch werden zu den Samenkanälchen, die Anschluß an die Urnierenkanälchen gewinnen und damit sich einen Weg nach außen durch das Nierensystem schaffen. Das Ovarium ist umgekehrt orientiert. Die Oberfläche, das ursprüngliche Keimepithel, wird zum funktionierenden Teil. Die Markstränge (= Sexualstränge des Hodens) dagegen obliterieren.

Der intergenerative Anteil besteht aus Bindegewebe, Blutgefäßen, Nerven und eigenartigen Zellsträngen, die als *Leydig*sche Zellen, *Zwischenzellen, Interstitium* oder *Pubertätsdrüse* bezeichnet werden. Im Ovarium bilden sie keine so kompakte Masse im Stroma, während sie im Hoden sehr deutlich als Zellstränge zwischen den Samenkanälchen ausgeprägt sind. Der von *Steinach* gewählte Name „Pubertätsdrüse" ist an sich treffend. Aber der Beweis, daß wir es hier wirklich mit einer Pubertätsdrüse zu tun haben, d. h. eine Drüse, die vermöge ihrer Inkretion sämtliche sekundären Geschlechtsmerkmale, auch unabhängig von den Keimzellen zur Ausprägung zu bringen vermag, ist bisher nicht erbracht. Dagegen konnte *Harms* feststellen, daß in einigen Fällen (Regenwurm und Kröte) die Keimzellen allein imstande sind, die sekundären Geschlechtsmerkmale zur Entwicklung zu bringen. Wenn die Auffassung der älteren Autoren (z. B. *Nußbaum* 1880) richtig ist, so sind die Zwischenzellen, die Hoden und das Ovarium, abortive Geschlechtszellen. Diese Auffassung wird jedoch bestritten, da andere Autoren sie für Derivate des Mesonephros halten, andere wieder für umgewandelte Bindegewebszellen. Die Zwischenzellen sind nun besonders mächtig während des Endes der Fötalzeit und Anfang der Postfötalzeit entwickelt. Es liegt daher der Gedanke nahe, daß bei den Säugetieren die Zwischenzellen die sekundären Geschlechtsmerkmale auf inkretorischem Wege zur Entwicklung bringen könnten, zumal wenn die Auffassung richtig ist, daß sie Keimzellenderivate sind.

Mit der Entfaltung der spezifischen sekundären Geschlechtsmerkmale durch die Inkretion der männlichen oder weiblichen Keimdrüsen darf nun die Geschlechtsbestimmung selbst nicht ohne weiteres in Beziehung gebracht werden. Diese wird durch die Befruchtung festgelegt, und zwar durch den Geschlechtschromosomenmechanismus. Eine totale geschlechtliche Umstimmung ist also nur durch die Beeinflussung des Befruchtungsmechanismus zu erzielen. Die Versuche von *Hertwig* u. a. haben erwiesen, daß man bei Fröschen und Kröten durch Befruchtung von überreifen Eiern imstande ist, nur Männchen zu erzielen. Die Versuche von *Brake* und namentlich die ausgedehnten und theoretisch gut ausgewerteten von *Goldschmidt* haben erwiesen, daß man durch Kreuzung von geeigneten Schwammspinnervarietäten beliebig geschlechtliche Zwischenformen oder nur Männchen in einem Gelege erzielen kann. Nach *Goldschmidt* sind diese Umstimmungen auf Störung der enzymatischen Wirkung der Geschlechtschromosomen, vermöge deren die Inkretion zur Entfaltung kommt, zu erklären. Bei Säugetieren sind derartige totale Umstimmungen noch nicht erreicht worden, eine partielle läßt sich jedoch durch Vertauschen der Keimdrüsen bald nach der Geburt (*Steinach* u. a.) bei Ratten und Meerschweinchen erzielen. Ein Dauererfolg läßt sich nur durch Verwandtschaftstransplantation (Syngenesioplastik), z. B. bei Bruder und Schwester, erreichen. Ich habe derartige

Versuche vor dem Kriege und seit 1919 ebenfalls angestellt, habe aber mit der Veröffentlichung gewartet, weil mir wichtige Tatsachen nicht mit den Steinachschen Befunden in Einklang zu stehen schienen. Schon 1914 erwähnte ich in meinem Buche „Über die innere Sekretion der Keimdrüsen", Jena 1914, die Tatsache, daß *Steinach* nichts über den Uterus masculinus bei feminierten Meerschweinchen sagt. Dieser Uterus masculinus ist wenige Tage nach der Geburt ebenso stark entwickelt wie der weibliche Uterus; er müßte sich also unter dem Einfluß der Ovarien bei fehlenden Hoden zu einem weiblichen Uterus entwickeln.

Steinachs Versuche bringen tatsächlich sehr viel Schönes und Richtiges, aber manches hält doch nicht einer sachgemäßen Kritik stand. Wenn man an das Problem der Geschlechtsumstimmung durch Keimdrüsenaustausch herangeht, so muß man sich zunächst fragen, was überhaupt erwartet werden kann. Der Keimdrüsenaustausch kann naturgemäß erst nach der Geburt angestellt werden; die Tiere sind dann aber schon typische Männchen und Weibchen mit Hoden oder Ovarien, wenn auch die zugehörigen Geschlechtsmerkmale noch unentwickelt sind. Letztere sind indessen bis auf die Milchdrüsen, die noch indifferent sind, schon vorhanden. Würden die sekundären Merkmale nun wirklich umgestimmt, so müßten sie erst auf die indifferente Norm zurückkehren und sich dann entgegengesetzt geschlechtlich neubilden. Die Homologien zwischen dem männlichen und weiblichen Urogenitalsystem des männlichen und weiblichen Meerschweinchens sind nun allerdings wenige Tage nach der Geburt noch sehr enge. Besonders kommt das in dem männlichen und weiblichen Uterus zur Ausprägung. Entfernt man also einem wenige Tage alten Meerschweinchenmännchen die Hoden und transplantiert ihm die Ovarien seiner Wurfschwester, so bleibt trotzdem der Uterus masculinus auf infantiler Stufe stehen, etwa wie beim Kastraten. Er wird aber nie zu einem weiblichen Uterus. Auch die Kopulationsorgane bleiben beim sogenannten masculierten und feminierten Meerschweinchen auf infantiler Stufe stehen und wandeln sich nicht in das Organ des entgegengesetzten Geschlechtes um. Transplantiert man bei der Feminierung mit dem Ovarium auch die Tuben und einen Teil des Uterus, so entwickeln sich diese allerdings im ursprünglich männlich veranlagten Tiere in weiblicher Richtung weiter, wie das auch *Steinach* festgestellt hat. Auch die von *Steinach* behauptete psychische sexuelle Umstimmung habe ich nicht in klarer Weise beobachten können. Manchmal scheint es allerdings, als ob feminierte Meerschweinchen mehr weibliche sexuelle Neigung, die masculierten mehr männliche hätten. Über Ratten, die nach *Steinach* besonders geeignet sein sollen, habe ich keine Erfahrungen.

Man muß hier meiner Meinung nach außerordentlich vorsichtig sein, denn auch normale Meerschweinchenmännchen werden manchmal von normalen Weibchen besprungen, wie das auch sonst bei Tieren oft beobachtet wird. Ein sehr wichtiges Steinachsches Resultat kann ich allerdings ohne Einschränkung bestätigen: das ist die Entfaltung der Milchdrüsen beim feminierten Meerschweinchen. Diese unterscheiden sich nicht vom normalen weiblichen Meerschweinchen; die Drüsen produzieren sogar Milch, so daß hier eine wirkliche Umstimmung vorliegt. Nun sind allerdings zu Beginn des Versuches die Milchdrüsen scheinbar noch wirklich indifferent, so daß sie beim Männchen sich unter Einfluß des weiblichen Ovariums in weiblicher Richtung zu entwickeln vermögen. Wir wissen nun allerdings noch sehr wenig über die Ursachen, die zur Entfaltung und Funktion der Milchdrüsen führen. Man beobachtet manchmal sogar, daß bei männlichen Kastraten die Milchdrüsen zur Entwicklung kommen, und bei während der Laktationszeit ovariotomierten Kühen hält die Laktationsperiode weit über die übliche Zeit an. Es müßten also auch hier noch weitere klärende Versuche angestellt werden.

Weitere Versuche zur Feminierung habe ich seit 1913 an Kröten angestellt. Die männlichen Kröten haben neben dem Hoden noch ein *Biddersches Organ*, das als rudimentäres Ovarium aufgefaßt werden muß. Bei 10% aller männlichen Kröten der Umgebung Marburgs findet man einen Teil des Bidderschen Organs zu einem völlig normalen kleinen Ovarium umgebildet. Trotzdem verhalten sich diese Tiere wie typische Männchen, die auch fruchtbare Begattungen ausführen können. Bei derartigen Tieren, ebenso wie bei ganz jungen Kröten habe ich nun die Hoden entfernt, so daß die Tiere jetzt neben dem Bidderschen Organ nur noch ein Ovarium besaßen. Bisher ist es mir nicht gelungen, trotz zahlreich angestellter Versuche eine geschlechtliche Umstimmung zu erzielen. Die Tiere bleiben Männchen, wenn auch die sekundären Geschlechtsmerkmale sich nicht mehr ganz so stark entwickeln wie beim normalen Männchen. Die Tiere behalten den Klammerreflex, wenn auch schwächer, bei; der männliche Brunstlaut ist, wenn auch etwas abgeschwächt, vorhanden; die Daumenschwielen kommen allerdings nicht mehr zur Entfaltung.

Nach den bisherigen Untersuchungen läßt sich zusammenfassend sagen, daß eine totale Geschlechtsumstimmung bei Wirbeltieren durch Keimdrüsenaustausch bisher nicht erzielt worden ist und daß bei Anstellung des Versuches nach der Geburt ein solcher auch wohl nicht erzielt werden kann. In gewisser Weise wird im günstigsten Falle ein intersexueller Zustand durch das vicarierende Einsetzen einer heterologen geschlechtlichen Inkretion erreicht werden können.

Als positives Resultat aller dieser und vieler

anderer Versuche kann man aber jetzt als bewiesen ansehen, daß die Keimdrüse vermittels ihrer Inkretion einen spezifisch bestimmenden Einfluß auf die männlichen oder weiblichen psychischen und somatischen Geschlechtsmerkmale haben muß, und daß nach ihrer Entfernung schwere Ausfallserscheinungen hervorgerufen werden, die nicht allein auf die Ausfallserscheinungen der Keimdrüsen zurückzuführen sind, sondern auch auf die Störung des gesamten inkretorischen Gleichgewichts. Diese Ausfallserscheinungen lassen sich durch Wiederingangsetzung der Inkretion beheben. Wir wissen nun auch, daß die Keimdrüsen korrelativ mit anderen inkretorischen Systemen verknüpft sind, so daß, wenn eine Drüse ausfällt, eine andere in gewisser Weise kompensatorisch dafür eintreten kann. Es ist also anzunehmen, daß, wenn man eine inkretorische Ausfallserscheinung durch Transplantation behebt, auch die anderen inkretorischen Drüsen günstig beeinflußt werden. Bei Alterserscheinungen sehen wir nun, daß eine Reihe von Symptomen wohl sicher auf senile Degeneration inkretorischer Drüsen, z. B. auch der Keimdrüsen, zurückzuführen sind.

Es lag daher nahe, die senilen Alterserscheinungen, soweit sie sich zunächst auf die Sexualsphäre beschränken, durch Transplantation von Keimdrüsen zu beheben. Solche Versuche führte ich 1911/14 am Meerschweinchen aus und habe in letzter Zeit auch solche an Hunden angestellt, worüber ich jetzt berichten möchte.

Wir kennen zwei Methoden, um die Inkretion bei Wirbeltieren wieder in Gang zu bringen. Die Regenerations- und die Transplantationsmethode. Die erstere Methode kann man bei Säugern nur, wie das auch *Steinach* 1920 angibt, in den Anfangsstadien der Senilität anwenden. Beim Hoden läßt sich eine Neubelebung der Inkretion durch Unterbindung des Vas deferens oder der Ductuli deferentes (*Steinach*) oder durch Reponierung des Hodens in die Bauchhöhle (*Harms*) erzielen. Die Versuche, die *Steinach* 1920 nach dieser Richtung angestellt hat, ergaben, daß bei scheinbar senilen Tieren der Begattungstrieb und die Potentia sich wieder einstellten. Das Haarkleid wurde wieder glatt und voll, die Munterkeit und die Kampflust bei den Männchen stellten sich wieder ein. Bei der Schilderung der Versuche *Steinachs* vermißt man, daß die negativen Erfolge nicht genügend erwähnt werden, außerdem waren die zur Operation kommenden Tiere oft räudig, so daß sie erst mit Desinfektionsmitteln behandelt werden mußten. Die Räude und die Behandlung konnten sowieso eine gewisse Hinfälligkeit bedingen, so daß die an und für sich schwierige Beurteilung einer Senilität bei einem Tier noch mehr erschwert wurde. Die Versuche wurden außerdem oft im Frühjahr angestellt. In dieser Jahreszeit aber bekommen ältere Tiere, die schon eine Zeitlang impotent waren, häufig von neuem wieder einen regen Geschlechtstrieb. Trotzdem sind eine Reihe von *Steinachs* Versuchen als beweisend zum mindesten für die Erweckung der Potenz anzusehen. Sie stimmen auch mit meinen früher angestellten Versuchen in allen Einzelheiten bezüglich auch der sonstigen Resultate überein. Die Methode *Steinachs* ist auch bei Menschen von *Lichtenstern* angewandt worden. Er berichtet von 26 Fällen, darunter 18 älteren Individuen. 5 Fälle davon werden beschrieben (Alter 43—71 Jahre). Ein Erfolg war in diesen Fällen zwischen 8 Wochen bis 5 Monaten nach der Operation zu konstatieren. Allerdings sind auch negative Erfolge zu verzeichnen. Es stellte sich eine Besserung des Allgemeinbefindens ein, die Haut wurde wieder elastischer und die Behaarung reichlicher. Libido und Potentia coeundi stellten sich wieder ein. Da die Vasektomie schon sehr häufig nach Prostatahypertrophie ausgeführt worden ist, so ist es eigenartig, daß Fälle von sogenannter Verjüngung bisher noch nicht oder nur *sehr selten* beobachtet worden sind, auch ist die Vasektomie nach der Statistik nach *v. Frisch* 1895 nicht ganz ungefährlich (s. darüber *Pütter*, d. Zeitschr. 8. Jahrg. Heft 49). Durch die reklamehafte Behandlung des Verjüngungsproblems in der Tagespresse ist es um so mehr nötig, diesen Fragen so kritisch wie möglich gegenüberzutreten. Die Versuche waren meines Erachtens noch nicht reif, aus dem Laboratorium heraus an die große Öffentlichkeit gebracht, geschweige denn auf den Menschen übertragen zu werden. Die kritischen Darlegungen von *Stieve*, *Romeis* und namentlich *Pütter*, der den Begriff der Verjüngung genauer begrenzt und darlegt, welche methodischen Schwierigkeiten ein exakter Nachweis von Verjüngungsvorgängen bereitet, haben in dieser Richtung schon vorgearbeitet und sind sehr zu begrüßen. Übrigens hat diese Veramerikanisierung eines wissenschaftlichen Problems erst verspätet bei uns eingesetzt, denn nach dem Bericht von *Lydston* und *Stanley* haben wir in den Jahren 1916—20 dieselbe Erscheinung in Frankreich, England und Amerika. Also schon vor *Steinachs* Publikation.

Ich gehe nun dazu über, neue Ergebnisse zu dieser Frage beizubringen. Nachdem meine früheren Versuche während der Kriegszeit durch meinen Eintritt in das Heer unterbrochen wurden, konnte ich sie nach Beendigung des Krieges erst allmählich wieder aufnehmen, weil, um ein sicheres Urteil über die Senilität zu gewinnen, man geeignete Tiere erst längere Zeit genau beobachten muß. Ich wählte diesesmal zu Versuchstieren *Hunde*, weil diese Tiere durch ihre höhere Intelligenz und ihre nahe Beziehung zum Menschen ein sicheres Urteil zulassen. Meine jetzigen Beobachtungen zeigen, daß eine Wiedererweckung der Potenz, wie ich das auch schon beim Meerschweinchen 1914 nachwies, beim Hunde noch nach jahrelanger Impotenz möglich ist. Die Regenerationsmethode (Vasektomie oder künstlicher Kryptorchismus) wirkt nur bei Tie-

ren, die noch im Anfang der Senilität stehen. Ist der Hoden oder das Ovarium noch nicht so stark degeneriert, daß die wichtigsten Zellelemente völlig funktionsunfähig geworden sind, so wirkt noch eine Autoplastik mit darauf folgender Regeneration der Keimdrüsenelemente. Ist die Keimdrüse jedoch sehr stark degenerativ verändert bei weit vorgeschrittener Senilität, so hat am ersten noch eine Syngenesioplastik mit Hoden- oder Ovarialstückchen letztgeborener Kinder Erfolg. Ungünstiger ist schon die Homoplastik. Man kann diese indessen günstiger gestalten durch Ausgleich der biochemischen Differenz, wie ich das 1914 schon veröffentlicht habe, dadurch, daß man mehrmals in gewissen Zeitintervallen Stücke einer Keimdrüse von demselben Spender transplantiert.

Einige Hundeversuche sind besonders lehrreich, sie mögen deshalb hier Erwähnung finden[1]).

Versuch I. Hündin Nr. A. Foxterrier, 14 Jahre alt. War nie belegt, ist immer brünstig gewesen. Rechts und links beginnender seniler Star. An den hinteren Extremitäten treten oft leichte Lähmungen auf. Sonst ist das Tier noch ziemlich munter.

11. 9. 20. Der Hündin wird ein Ovarium einer 1½-jährigen Hündin mit 7 Wochen alten Jungen transplantiert. Die Heilung erfolgt bis auf einige Fadenrestabstoßungen normal. Das Tier ist bis Mitte Oktober sehr dekrepid, so daß durch die Transplantation ein *verschlechternder Einfluß auf das Allgemeinbefinden* ausgeübt wurde.

20. 10. 20. Die Hündin wird wieder munterer, und das Transplantat wird allmählich kleiner. Es treten plötzlich abgeschwächte Brunsterscheinungen auf, die mehrere Tage andauern, aber nicht bis zum Höhepunkt anschwellen.

3. 12. 20. Das Allgemeinbefinden, das schon im November wieder schlechter geworden war, sinkt noch immer mehr herab. Die Hündin schreit oft scheinbar unmotiviert vor Schmerz auf. Das Tier wird getötet. Das Ovarium zeigt Proliferationen und frische Corpora lutea. Eine enorm starke Follikelatresie ist vorhanden. Der Uterus ist daumendick aufgetrieben und mit einer serösen Flüssigkeit angefüllt, die Wände sind papierdünn. Die übrigen Drüsen mit innerer Sekretion zeigen noch ein ziemlich normales Bild.

Dieser Versuch zeigt, daß durch die Transplantation vielleicht eine abgeschwächte Brunsterscheinung hervorgerufen worden ist, sonst aber ist das Tier, soweit sich das feststellen läßt, in seinem Allgemeinbefinden in *ungünstiger Weise* beeinflußt worden.

Versuch II. Hündin B. Ohne Rasse, spitzartige Figur, lange glatte Behaarung, genaues Alter unbekannt. Wurde vor 8 Jahren trächtig in das Physiologische Institut eingeliefert. Im Frühjahr 1916 letzter Wurf. Seitdem war das Tier regelmäßig brünstig, blieb aber steril. Seit 1915 trat Hautjucken auf, verbunden mit Haarausfall, seit 1919 verstärkt sich dieser rapide, so daß Hals, Brust, Bauch und Hinterbacken vollständig nackt sind, auch das übrige Haarkleid ist sehr dünn. Die Hündin ist außerordentlich lebhaft, Augen klar, hinten rechts Lähmung.

11. 9. 20. Transplantation wie Versuch I. Heilung per primam.

20. 9. 20 schwache Brunsterscheinung, 5. 10. 20. die Haare beginnen von neuem zu sprießen; das Tier ist viel munterer; die Lähmung ist *nicht* wesentlich gebessert.

21. 10. 20. Die Haare sind 3 cm lang. Das Transplantat ist noch gut palpabel.

15. 12. 20. Die Hündin hat eine normale stark ausgeprägte Brunst und wird belegt.

14. 1. 21. Das Allgemeinbefinden ist schlechter geworden, es besteht verstärkte Inkontinenz. Da plötzlich ein Prolapsus vaginae auftritt, wird die Hündin am 16. 1. 21 getötet. Das *Haarkleid* ist *vollständig normal* und *dicht* geworden. Die vorhanden gewesene Trächtigkeit ist durch Abort unterbrochen. In einem Uterushorn befindet sich noch eine Plazenta mit teilweise erhaltenem Embryo. Die inneren Organe sind bis auf einen Ovarialtumor und eine Nierencyste normal.

Auch in diesem Versuch ist scheinbar unter Einwirkung des Transplantats eine anormale schwache Brunst aufgetreten. Vor allem aber ist das defekte Haarkleid wieder durchaus normal geworden, wie das meine früheren Versuche an Meerschweinchen und die Steinachschen an Ratten ebenfalls erwiesen hatten.

Versuch III. Hund A. Teckelrüde, nachweislich 17 Jahr alt. Struppiges glanzloses Fell. Haare auf dem Rücken zum Teil ausgefallen. Zähne zum Teil wackelig, zum Teil ausgefallen. Kann keine Knochen mehr verbeißen, schluckt sie, wenn sie klein genug sind, heil herunter. Vorgeschrittener seniler Star. Sieht nur bewegte Gegenstände. Kontaktgeruch noch vorhanden, Ferngeruch fast gänzlich geschwunden. Hört kaum noch. Liegt teilnahmslos den ganzen Tag schlafend in seiner Kiste. Potenz schon seit Jahren nicht mehr vorhanden. Erektionen sind auch auf Reize hin nicht auszulösen. Ist nicht mehr stubenrein. Überall auf der Haut erbsengroße bis kirschgroße Talgdrüsentumoren, die zum Teil ulcerieren. Vasektomie und Autotransplantation von Hodenstücken sind erfolglos. Die histologische Untersuchung eines Hodenstückchens ergibt, daß dieses stark degenerativ verändert ist. Interstitium spärlich, nur wenige Samenkanälchen enthalten noch Samenzellbildungsstadien, bis zum reifen beweglichen Spermatozoon.

[1]) Für die Überlassung des mir sehr wertvollen Versuchsmaterials bin ich Frau Dr. *Schirmeyer*, Herrn Geheimrat Dr *Hofmann* und besonders Herrn Prof. Dr. *Kutscher* zu herzlichem Dank verpflichtet.

6. 9. 20. Hoden eines drei Monate alten Hundes transplantiert.

9. 9. 20 schwache Erektionen, die am 10. und 11. kräftiger werden.

13. 9. 20. Das Tier läuft lebhaft umher; verteidigt sein Lager; die Hautwucherungen beginnen sich zurückzubilden.

17. 9. 20. Geht im Haus und im Garten umher, das Hautkleid wird glänzender.

19. 9. 20. Eine dem Hund vorgeführte Hündin setzt ihn in Erregung. Er verliert sie jedoch sofort wieder, da er sie durch seine Sinne auf die Ferne nicht wittern kann.

22./25. 9. Der Hund wird wieder träger, die Tumoren wachsen wieder. Die Erektionen werden schwächer.

8. 10. Ein halber Hoden von dem ersten Spender transplantiert.

11. 10. wieder spontane Erektionen.

21. 10. auffallend munterer, die Tumoren gehen wieder zurück. Der Hund kann wieder auch ziemlich harte Knochen zerbeißen.

17. 11. Die Tumoren beginnen wieder zu wachsen. Die Erektionen sind schwächer geworden und das Tier wird wieder träger. ½ Hoden desselben Spenders transplantiert.

22. 11. übernormal andauernde Erektionen. Die Tumoren gehen wieder zurück. Der Hund wälzt sich morgens vor Behagen auf dem Teppich wie ein normaler Hund und bekommt dabei Erektionen.

Der Hund ist bis heute, 14. Februar 1921, noch unter meiner Beobachtung, und ich hoffe, ihn bis zum natürlichen Tode halten zu können. Das Haarkleid ist auch heute noch glänzend und voll. Erektionen sind noch vorhanden. Die Tumoren sind nicht wiedergekommen, an ihrer Stelle sind erbsengroße kahle Flecken verblieben. Die *senile Degeneration der Sinnesorgane* ist in *keiner Weise gebessert* worden. Die *Alterserscheinungen* haben insofern *zugenommen*, als der Hund steifer geworden ist als Ende November, immerhin ist er noch viel lebhafter und beweglicher als zu Anfang des Versuches. Er springt auch noch mit Leichtigkeit in seine etwa 30 cm hohe Kiste hinein, was er im August vorigen Jahres nicht konnte oder nicht tat.

An diesem Versuch ist besonders bemerkenswert, daß die Potenz nach jeder erneuten Transplantation in verstärktem Maße geweckt worden ist und daß jede folgende Transplantation von demselben Spender wirksamer war als die vorhergehende, weil die biochemische Differenz allmählich ausgeglichen wurde. Die Tumoren haben sich nach der dreimaligen Transplantation genau entsprechend der Wirksamkeit des Transplantates verhalten. Unter dem Einfluß des Transplantates und damit erneuter Inkretion gingen sie zurück, während sie wieder zu wuchern begannen, wenn bei Beginn der Resorption des Transplantates die Hormonbildung aufhört. Zur Veranschaulichung der Wirkungsweise der Hormone der Transplantate und der damit zusammenhängenden Beeinflussung der Talgdrüsentumoren diene beifolgende Kurve (s. Fig. 1). Ich halte es nicht für ausgeschlossen, daß diese Ergebnisse vielleicht eine Bedeutung für die Bekämpfung von Neubildungen auf inkretorischem Wege bekommen könnten. Vielleicht sind auch die häufigen Neubildungen des weiblichen Genitalsystems auf eine Störung der Inkretion des Ovarialsystems zurückzuführen.

Durch den zuletzt erwähnten Versuch ist eine entschiedene Besserung des Allgemeinbefindens erreicht worden. Der Appetit hat

Fig. 1. Kurve, um den Verlauf der Hormonwirkung der aufeinanderfolgenden Hodentransplantationen auf die Stärke der Erotisierung und der damit zusammenhängenden Besserung des Allgemeinbefindens und Rückbildung der Tumoren zu zeigen. Auf der Abszisse sind die Versuchstage in Millimetern angegeben. 6. IX., 8. X. und 17. XI. 20 sind die Tage der Transplantation. Auf den Ordinaten die Stärken der Erotisierung; bei 3 der normale Zustand.

sich wieder gebessert, das Haarkleid ist voll und glänzend, die Kampflust hat sich wieder eingestellt, die Zähne sind wieder fester geworden, der Hund kann wieder selbst harte Knochen zerbeißen.

Nicht gebessert sind dagegen die Alterserscheinungen, die mit dem Nervensystem zusammenhängen.

Will man überhaupt von einer Verjüngung sprechen, so läge hier wohl ein Fall vor, wo wir es im Pütterschen Sinne mit einer *Teilverjüngung* zu tun hätten. Man kann diese vielleicht so definieren, daß sie durch ein erneutes Aktivwerden der letzten noch vorhandenen Kräfte im Organismus durch verstärkten oder erneuten Einfluß wichtiger Inkrete, zunächst der eingepflanzten Keimdrüsen, hervorgerufen worden ist. Vielleicht kann man auch annehmen, daß damit eine korrelative Beeinflussung des Organismus durch andere inkretorische Drüsen Hand in Hand gegangen ist.

Es ist so vielleicht möglich, auf dem Wege der Beeinflussung aller inkretorischen Organe zu erneuter Hormonbildung, senile Ausfallserscheinungen, die durch die Unterfunktion des inkretorischen Systems bedingt sind, zu beheben. Es liegt dann im Bereich der Möglichkeit, daß der normale physiologische Tod, der Gehirntod im Sinne *Ribberts*, erreicht wird, der durch Degeneration lebenswichtiger Ganglienzentren erfolgt.

Literatur:

Beck, Eugen, Talgdrüsentumoren beim Hunde und ihre Beziehungen zu den Adenomata sebacea (Naevi

sebacei) des Menschen. Inaugural-Dissertation, Leipzig 1910.
Kammerer, Paul, Steinachs Forschungen über Entwicklung, Beherrschung und Wandlung der Pubertät. Springer, Berlin 1919.
Poll, Heinrich, Die biologischen Grundlagen der Verjüngungsversuche von *Steinach*. Med. Klinik, Berlin, Nr. 36, 1920.
Pütter, A., Der Nachweis der Verjüngung. Die Naturwissenschaften Heft 49, 8. Jahrg., 1920.
Harms, W., Experimentelle Untersuchungen über die innere Sekretion der Keimdrüsen und deren Beziehung zum Gesamtorganismus. Fischer, Jena 1914.
Harms, W., Über Versuche zur Verlängerung des Lebens und zur Wiedererweckung der Potenz. Zool. Anz. *LI*, Nr. 8/10, 1920.
Harms, W., Beobachtungen über den natürlichen Tod der Tiere. Erste Mitteilung: Der Tod bei Hydroides pectinata Phil. Zool. Anz. *XL*, Nr. 4/5, 1912.
Lichtenstern, Rob., Die Erfolge der Altersbekämpfung beim Manne nach *Steinach*. Berliner Klin. Wochenschrift *LVII*, Nr. 42, 18. Okt. 1920.
Romeis, B., Steinachs Verjüngungsversuche. Münchner Med. Wochenschr. Nr. 35, 67. Jahrg.
Steinach, E., Willkürliche Umwandlung von Säugetiermännchen in Tiere mit ausgeprägt weiblichen Geschlechtscharakteren und weiblicher Psyche. Pflügers Archiv f. d. ges. Physiol., *144*. Bd., 1912.
Steinach, E., Pubertätsdrüsen und Zwitterbildung. Archiv für Entwicklungsmechanik *XLII*, Heft 3, 1916.
Steinach, E., Verjüngung durch experimentelle Neubelebung der alternden Pubertätsdrüse. Springer, Berlin 1920.
Stieve, H., Verjüngung durch experimentelle Neubildung der alternden Pubertätsdrüse. Die Naturwissenschaften *VIII*, Heft 33, 1920.

Deutsche Ornithologische Gesellschaft.

Am 9. und 10. Oktober 1920 fand zu Berlin die Jahresversammlung der Deutschen Ornithologischen Gesellschaft statt, die von 79 Mitgliedern und Gästen besucht war, unter diesen viele auswärtige Ornithologen. Die Sitzung am 9. 10. in der Landwirtschaftlichen Hochschule eröffnete der Vorsitzende Oberstleutnant *v. Lucanus* mit einer Begrüßungsansprache, in der er die reiche Arbeit der Ornithologen während des Krieges würdigte und der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften den Dank der Ornithologischen Gesellschaft für das der Vogelwarte Rossitten zur Verfügung gestellte Gebäude aussprach. Hierauf hielt Dr. *Heinroth* einen Vortrag über *„die körperliche und geistige Entwicklung der einheimischen Vögel"*. An der Hand von 102 vorzüglichen selbst angefertigten Lichtbildern gab er einen Überblick über Befiederungsweise, Wachstumsgeschwindigkeit und Entwicklung der Instinkte von 42 Vogelarten als Hauptvertreter der verschiedenen Gruppen.

Graf *Zedlitz* gab alsdann eine *„Ornithologische Reiseskizze aus Schweden"* und wies darauf hin, daß die Einwanderungen der meisten Vogelarten in Schweden nach der Eiszeit von Osten her stattgefunden haben, da die meisten Beziehungen nach Rußland hinweisen. Dagegen zeigen sich Anzeichen einer Besiedlung von Süden her nur in geringerem Maße. Der Vortragende hob ferner die eigentümliche Erscheinung hervor, daß von Colymbus arcticus und Corvus cornix zahlreiche Individuen ungepaart bleiben. Der Grund hierzu liegt nach Ansicht des Autors nicht in äußeren Einflüssen, wie Zerstörung der Nester durch Menschen oder Raubzeug oder durch ungünstige Witterung, sondern er ist im Vogel selbst begründet, wobei eine relativ später erreichte Geschlechtsreife wohl in erster Linie zu berücksichtigen ist, aber auch senile Unfruchtbarkeit alter Vögel in Frage kommen kann.

Oberstleutnant *v. Lucanus* wies darauf hin, daß durch den Ringversuch festgestellt ist, daß Ciconia ciconia nicht in jedem Jahr zur Fortpflanzung schreitet, und daß eine ähnliche Erscheinung vielleicht auch bei Colymbus arcticus und Corvus cornix zutreffen kann. —

In der Sitzung am 10. Oktober im Museum für Naturkunde sprach Dr. *Stresemann* aus München über **die Mauser der Singvögel im Dienste der Systematik** und führte folgendes aus: Unter den Schmätzern mausert Oenanthe hispanica und Saxicola rubicola nur *einmal* im Jahre, hingegen Oenanthe oenanthe und Saxicola rubetra *zweimal* im Jahre. Alle eurasischen Pieper mausern zweimal, die neotropischen Arten nur einmal. Die Mönchsgrasmücke, die in unseren Breiten lebt, mausert außer im Herbst auch noch im Winter in der Zugzone, die auf Koraika heimischen Vögel unterdrücken dagegen diese Wintermauser. Unter den Ammern besitzen nur die Kappenammer und der Ortolan, die ausgesprochene Zugvögel sind, neben der Herbstmauser noch eine zweite Wintermauser, während die übrigen Arten, die Stand- und Strichvögel sind, nur *eine* Mauser haben. Die Blaudrossel, ein Standvogel, mausert einmal im Jahre, die Steindrossel, ein Zugvogel, mausert zweimal. Die sich hieraus ergebende Vermutung, daß zweimalige Mauser eine besondere Eigenschaft der Zugvögel ist, wird jedoch durch die einmalige Mauser des Pirols und der Schwalben, wie durch zweimalige Mauser mancher Standvögel widerlegt. Eine eigentümliche Zwischenstellung nimmt das Blaukehlchen ein, das in der Winterherberge lediglich das Gefieder der Kehle vermausert, um seinen blauen Hochzeitsschmuck anzulegen. Die einmalige oder zweimalige Jahresmauser läßt sich also für die Systematik nicht verwenden, da sie willkürlich und anscheinend regellos unter nahe verwandten Formen abwechselt. Dagegen ist der Unterschied zwischen völliger und teilweiser Jugendmauser ein fundamentaler, indem manche Jungvögel das *ganze* Gefieder mausern, andere dagegen nur das *Kleingefieder*, aber nicht die Schwung- und Schwanzfedern. Ersteres ist der Fall bei allen Lerchen und Schwalben, bei den Vertretern der Gattungen Paser, Petronia, Gymnoris, Montifringilla und vielen anderen; Teilmauserer dagegen sind die Raben, Drosseln, Grasmücken und Ammern mit Ausnahme der Grauammer, Emberiza miliaria, für die daher der besondere, schon früher gebräuchliche Gattungsname Miliaria wieder einzuführen wäre.

Dr. *Heinroth* bemerkte hierzu, daß auch die Mauser der oberen großen Armdecken vielleicht von systematischer Bedeutung sein könne. Manche Vögel wechseln sie in der Jugendmauser völlig, manche nur die innern Federn, andere gar nicht. —

Oberstleutnant *v. Lucanus* hielt einen Vortrag über **das Orientierungsvermögen der Zugvögel** und führte folgendes aus: Eine traditionelle Überlieferung der Zugwege ist nur bei den gesellig ziehenden Vögeln möglich, aber nicht bei dem allein ziehenden Vogel, der auf sich selbst angewiesen ist. Die zunehmende Wärme kann den Vogel nicht in das Winterquartier leiten, da nach dem Verlauf der Jahresisothermen in Europa die Wärme sowohl nach Süden wie nach Westen und Südosten zunimmt, also dem ziehenden Vogel gar keine

bestimmte Richtung vorschreibt. Auch die Windströmungen und die barometrischen Maxima und Minima können nicht als Wegweiser betrachtet werden, da sie infolge ihres steten Wechsels die Zugvögel ganz regellos und willkürlich verschlagen würden und ihnen keine Gewähr bieten, das Winterquartier zu erreichen. Da die Eigenschaft des Ziehens hauptsächlich auf einem angeborenen, reflektorischen Trieb beruht, so darf man annehmen, daß dem Zugvogel auch ein Gefühl für gewisse Himmelsrichtungen angeboren ist, wofür sich nach den Erfahrungen des Ringversuches Beispiele anführen lassen. Ein im Herbst aus der Gefangenschaft entflogener Storch zog nach Italien, das gar nicht im Zuggebiet des weißen Storches liegt, der über den Balkan, Kleinasien und Palästina nach Afrika wandert. Der betreffende Vogel hatte zwar eine ganz zweckmäßige nach Süden führende Richtung eingeschlagen, was sehr wohl auf ein angeerbtes Gefühl, nach Süden zu fliegen, beruhen kann. Dagegen hatte er die eigentliche Storchzugstraße nicht zu finden vermocht. Man muß also bei der Orientierung der Zugvögel eine *grobe* und eine *feine* Orientierung unterscheiden. Erstere ist dem Zugvogel vielleicht angeboren. Letztere kann nur durch äußere Reize erfolgen, wenn der Vogel nicht durch ältere Artgenossen auf dem Zuge geführt wird, sondern auf sich selbst angewiesen ist, was bei allen *allein* ziehenden Vögeln, wie Wiedehopf und Kuckuck, der Fall ist. Nach den Erfahrungen des Ringversuches folgen die Zugvögel gern Flußläufen und Meeresküsten. Diese bilden vielleicht den äußeren Reiz bei der feinen Orientierung, soweit es sich um komplizierte Zugwege, die ihre Richtung vielfach ändern, handelt. Andere Vögel, die auf dem Zuge nicht den Wasserkanten folgen, halten wohl nur eine allgemeine Richtung, wie z. B. im Herbst nach Süden oder Westen, inne. Sie ziehen also nicht auf bestimmten Straßen, sondern in breiter Front quer über das Festland. Automatisch fliegt der Vogel in einer bestimmten Richtung, die ihm der angeerbte Richtungssinn vorschreibt, und zieht solange, bis der Zugtrieb in ihm erlischt. Wenn wir in dem Wesen des Vogelzuges hauptsächlich eine automatische Seelenfunktion erblicken, so wird damit auch die schwierige Frage, wie der junge Zugvogel das ihm unbekannte, weit entfernte Winterquartier findet, von selbst gelöst. Der Vogel strebt überhaupt nicht einem bestimmten Ziel zu, sondern dieses ergibt sich aus dem Aufhören des Zugtriebes von selbst. Hierdurch läßt es sich auch erklären, warum manche Vögel ihre Wanderungen so weit ausdehnen und bis ins südliche Afrika ziehen, während sie doch ebensogut schon im Mittelmeergebiet überwintern können. Die Ursache liegt eben in dem stark entwickelten Zugtriebe, wie er vor Jahrtausenden unter dem Druck der Eiszeit entstanden ist, und der sich bis heute noch erhalten hat.

Friedrich von Lucanus, Berlin.

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Theodor Rümelin. Am 9. November 1920 riß ein tragisches Geschick Dr.-Ing. *Theodor Rümelin*, einen der hervorragendsten Führer bei der Ausnutzung der deutschen Wasserkräfte, im 43. Lebensjahr mitten aus seiner Arbeit, welcher er sich mit einzigartiger Hingabe gewidmet hatte. Nebst vielen kleineren Anlagen dankt ihm Deutschland vor allem das großzügige Projekt der „Mittleren Isar", durch welches die Wasserkräfte des Flusses nördlich von München nutzbar gemacht werden, ein Schiffahrtkanal in späteren Zeiten München mit der Donau verbinden soll und weite Sumpfstrecken im Erdinger Moos der Landwirtschaft nutzbar gemacht werden sollen. Die letzten Jahre seines kurzen Lebens hat *Rümelin* ganz diesem Werk gewidmet, dessen Vollendung er nicht mehr erleben sollte, das aber für ihn ein Denkmal aere perennius sein wird. Und doch sind es nicht diese Leistungen, derentwegen die „Naturwissenschaften" seiner gedenken, auch nicht das Positive, was seine Forschertätigkeit auf dem Gebiete der Hydrodynamik geleistet hat; denn es kann jetzt noch nicht gesagt werden, wieviele von den reichen Ideen seines Buches „Wie bewegt sich fließendes Wasser?" sich fruchtbar erweisen werden. Aber vorbildlich und bedeutungsvoll war seine Liebe zur Wissenschaft und sein ständiges Streben, Wissenschaft und Technik zu vereinigen. So wie er es für richtig hielt, die karge Zeit, welche ihm seine technische Tätigkeit ließ, mit ernstem Studium der experimentellen und theoretischen Physik, mit Besuch von Vorlesungen über rein wissenschaftliche Fragen auszufüllen, so zog er auch immer Physiker heran, wenn er in seiner praktischen Tätigkeit Schwierigkeiten prinzipieller Natur erkannte. Er hat auf diese Weise nicht nur verstanden, allgemeinere, theoretische Gesichtspunkte seinen speziellen technischen Aufgaben dienstbar zu machen, sondern auch auf der anderen Seite das Interesse der Wissenschaftler für Probleme zu erwecken gewußt, zu denen sie sonst nicht so leicht den Zugang gefunden hätten. Seine letzten Anregungen in dieser Hinsicht galten der experimentellen Erforschung der hydraulischen Rauhigkeit und der Struktur der Wasserströmung. Sein großzügiger Idealismus und sein unermüdliches Streben hätten ihn auch noch auf diesem Gebiet zu wichtigen Leistungen befähigt, so daß auch die Physiker manche Hoffnung mit ihm begraben mußten. Aber sein Bild, besonders seine selbstlose, weit ausschauende Art der Arbeit in Wissenschaft und Technik werden allen denen, die ihm nahestanden, stets in lebhafter Erinnerung bleiben.

L. Hopf, Aachen.

Der Stand der Gasturbinenfrage. Der hohe thermische Wirkungsgrad der Verbrennungskolbenmaschine und die konstruktive Einfachheit und Billigkeit der Dampfturbine haben schon seit langer Zeit das Bestreben hervorgerufen, die Vorzüge beider Maschinenarten in einer einzigen, der Gasturbine, zu vereinigen. Ein Beweis hierfür ist die ungeheuer große Zahl der Patente auf diesem Gebiete, von denen die meisten naturgemäß darauf hinzielen, den Verbrennungsvorgang von der Gasmaschine und den Ausnützungsvorgang von der Dampfturbine zu übernehmen, so daß sich zunächst hauptsächlich zwei Bauarten ausbildeten:

1. die *Gleichdruckgasturbine*, bei der Luft und Brennstoff in einer Kammer bei gleichmäßiger hoher Pressung verbrannt werden, worauf die gespannten heißen Verbrennungsgase mit gleichmäßiger Geschwindigkeit einer Turbine zuströmen, in der sie wie bei Dampfturbinen ihre Strömungsenergie in mechanische Arbeit umsetzen;

2. die *Verpuffungsturbine* (oder Wechseldruckturbine), bei der ein Gemisch von Luft und Gas in einer geschlossenen Kammer entzündet und dadurch auf hohen Druck gebracht wird, worauf man die Verbrennungsgase mit einer infolge des sinkenden Druckes allmählich sinkenden Geschwindigkeit einer Turbine zuführt.

Die thermischen Vorteile sind bei der Gleichdruckturbine größer, allein sie erfordert einen Kompressor von verhältnismäßig großer Leistung und ergibt am Ende der Expansion sehr hohe gleichmäßige Temperaturen, denen unsere jetzigen Baustoffe nicht gewachsen sind. Bei der Wechseldruckturbine ist ein Kompressor hoher Leistung nicht erforderlich; die Temperaturen, mit denen das Gas auf die Schaufeln strömt, sind wesentlich niedriger, dafür ist ihr thermischer Wirkungsgrad geringer. Alle Mittel, die man vorgeschlagen hat, die Temperaturen zu erniedrigen, z. B. Wassereinspritzung u. a., müssen den Wirkungsgrad verschlechtern.

In einem Vortrag vor der Brennkrafttechnischen Gesellschaft, Ende des vorigen Jahres, führt Herr Professor *G. Stauber*-Berlin aus, daß das Ziel der Entwicklung die Schaffung einer *marktfähigen* Gasturbine sein müsse, die billiger als die Kolbengasmaschine und die Dampfturbine sei. Wohl gibt es bereits eine *betriebsfähige* Gasturbine, und zwar eine nach den Konstruktionen von *Holzwarth* gebaute Wechseldruckturbine, allein der Beweis, daß sie auch marktfähig ist, ist noch nicht erbracht. Maßgebend hierfür ist die gesamte Wirtschaftlichkeit der Anlage, und es ist notwendig, sich durch Vergleichsrechnungen darüber klar zu werden, was in dieser Beziehung erreicht ist und was noch zu tun übrig bleibt. Der Vortragende erörtert darauf die Grundlagen für den Vergleich zwischen Kolbengasmaschinen, Dampfturbinen und Gasturbinen und kommt unter der Annahme einer 7-fachen Verteuerung der Wärme und 12-fachen Verteuerung der Anlagekosten zu folgendem Ergebnis: Wird der Wärmepreis verhältnismäßig niedriger als angenommen, so wird die Dampfturbine am günstigsten; nimmt der Wärmepreis den entgegengesetzten Verlauf, so wird die Kolbengasmaschine am günstigsten. Gerade weil sich Fortschritte in der Vergasung und der Gewinnung der Nebenergebnisse erwarten lassen, muß die Gasturbine eine erhebliche billigere Gestalt annehmen als in der Form der Wechseldruckturbine. Die Gründe für diese wirtschaftlich ungünstige Situation der Gasturbine sieht der Vortragende in der zu weit gehenden Anlehnung an die Wirkungsweise der Dampfturbine. Deshalb ist anzustreben, einen Vermittler zu finden, der die Vorteile der Gaskolbenmaschine mit denen der Turbine vereinigt. Er führt als Beispiel einer solchen Maschine die Humphrey-Pumpe an, bei der an Stelle des Kolbens der Kolbenmaschine eine schwingende Wassersäule verwendet wird. Allerdings sind mit diesem Arbeitsverfahren auch große Nachteile verbunden, die bisher noch nicht überwunden sind; es ist jedoch zu hoffen, daß es gelingen wird, in Anlehnung an dies Verfahren eine marktfähige Gasturbine zu schaffen.

G. Forner.

Eine Bakteriose der Gerste. (*Georg Gentner*, Centralblatt f. Bakteriol., Parasitenk. u. Infektionskrankh. II. Abt. Bd. *50*, Nr. 20/25, S. 428—441, 1920.) Es handelt sich um eine Krankheit der Gerste, vereinzelt auch des Weizens und des Roggens, die sich so äußert, daß an Basis, Knoten und oberen Gliedern der geschoßten Halme sich schwarzbraune Flecken zeigen. Die Blätter der erkrankten Pflanzen werden braunfleckig und sterben ab, die Ähren werden schartig, die Körner entwickeln sich schlecht, die Spelznähte, mitunter auch die Körner selbst weisen Risse auf. Erreger ist der Bacillus cerealium, der in Kulturen einen roten Farbstoff bildet, Geißeln und Sporen besitzt. Er vermag Stärkekörner und Zellwände im Innern des Samenkorns aufzulösen, ist aber unwirksam gegenüber der Samenschale und echter Zellulose. Die Zersetzungsprodukte bestehen ebenso wie der rote Farbstoff in der Hauptsache aus Dextrinen. Sie stellen ein gutes Nährmedium für andere Bakterien und Pilze dar, die als begleitende Schädlinge wirken können. Die Krankheit, häufig in trockenen Jahren, wird durch das Saatgut weiter übertragen und kann bei feuchter Lagerung von erkrankten Körner auf gesunde übergehen. *Seligmann, Berlin.*

(Bericht üb. d. gesamte Physiologie.)

Astronomische Mitteilungen.

Über die Durchmesser der Fixsterne. Im Anschluß an die in der letzten Zeit viel besprochene Michelsonsche Methode, interferometrisch die Durchmesser von Sternen und den Abstand von Doppelsternen zu messen (siehe das Referat von *J. Hopmann*, Naturw. 1921, Heft 6), lassen sich einige Betrachtungen anstellen, welche die wissenschaftliche Bedeutung der neuen Methode klarer ins Licht rücken.

Die Michelsonsche Methode liefert den scheinbaren Winkel, unter welchem der Durchmesser eines Sternes erscheint, falls derselbe einen gewissen Betrag überschreitet, der von den Ausmaßen des Fernrohres abhängt. Für α Orionis wurde der Wert 0″,047 gefunden. Der lineare Wert des Durchmessers in Kilometern läßt sich dann berechnen, wenn die Parallaxe, d. h. der Abstand des Sternes von der Erde, bekannt ist.

Neben dieser direkten Methode gibt es aber noch eine andere, die in der letzten Zeit von *Wilsing* und *Russell* herangezogen worden ist, und die *aus der effektiven Temperatur, auf Grund spektralphotometrischer Messungen* bzw. aus dem Farbenindex eines Sternes — Farbenindex = Differenz zwischen photographischer und visueller Helligkeit — die Durchmesser zu berechnen gestattet, *wenn die Parallaxe bekannt ist.* Diese zweite Methode setzt also die Gültigkeit des Wienschen bzw. Planckschen Strahlungsgesetzes voraus und benutzt überdies die zwar auf den ersten Blick überraschende, aber tatsächlich mit genügender Genauigkeit bestehende Proportionalität zwischen den Strahlungsenergien im optischen Gebiet und den photometrischen, d. h. physiologischen Helligkeiten. Dafür ist aber diese zweite Methode praktisch sehr einfach und ohne besondere instrumentelle Hilfsmittel durchzuführen, denn sie erfordert nur Helligkeits- und Entfernungsmessungen, die schon bei Tausenden von Sternen durchgeführt sind.

Die direkten Bestimmungen nach der Michelsonschen Methode werden aber ihrerseits durch den Vergleich mit den Resultaten der zweiten Methode die wichtige Entscheidung bringen, *ob die Sterne der verschiedenen Spektralklassen als schwarze Strahler aufgefaßt werden dürfen*, d. h. ob wir es bei allen Sternen mit reiner Temperaturstrahlung zu tun haben. Hier offenbart sich eine besonders wichtige Anwendungsmöglichkeit der neuen direkten Methode.

Bei dem M-Stern 1. Größe, α Orionis, liefert die direkte Bestimmung für den Durchmesser den Wert 0″,047; *Wilsing* findet auf Grund der indirekten Methode 0″,040. Beide Werte stimmen befriedigend miteinander überein. Nimmt man die Parallaxe von α Orionis zu 0″,01 an, so erhält man für den linearen Wert des Durchmessers aus dem scheinbaren Winkel von 0″,047 einen Betrag von etwa 500 Sonnendurchmessern.

Dieser Wert übersteigt den von *Wilsing* errechneten Betrag des Durchmessers von α Orionis beträchtlich,

weil *Wilsing* seinen Rechnungen einen Parallaxenwert von 0″,03 zugrunde legt. Diese Parallaxe ist aber sicherlich viel zu groß; das kann man aus verschiedenem erschließen.

So leitet *Kapteyn* für die Oriongruppe als Parallaxe den Wert $\pi = 0''{,}005$ ab; andere Untersuchungen finden für Sterne dieser Gruppe Werte, welche zwischen 0″,003 und 0,″008 schwanken. Ob allerdings der rote M-Stern α Orionis zu dieser Gruppe von vorwiegend weißen B-Sternen gehört, kann nicht mit Sicherheit behauptet werden. Dafür spricht der Umstand, daß seine Radialgeschwindigkeit mit der der B-Sterne dieser Gruppe zusammenfällt, obwohl sonst die M-Sterne im Durchschnitt wesentlich größere Radialgeschwindigkeiten haben; dagegen spricht, daß seine sphärische Eigenbewegung anscheinend nicht unwesentlich größer ist als die der benachbarten B-Sterne. Doch auch, wenn seine Zugehörigkeit zu der Gruppe von Orionsternen sich nicht bewahrheiten sollte, deren Parallaxe sicherlich kleiner als 0″,01 ist, so sprechen doch noch andere Argumente dafür, daß die Parallaxe von α Orionis kaum größer als 0″,01 anzusetzen ist.

Die Untersuchungen über die Absolouthelligkeiten der Sterne haben für die hellsten Sterne Werte für die Absolouthelligkeit — d. h. Helligkeit in der Entfernung 1. der eine jährliche Parallaxe von 1″ entspricht — vom Betrage -9^m ergeben; die Sonne würde in dieser Entfernung als Stern 0.ter Größe erscheinen. Übereinstimmend hiermit findet *Shapley* aus dem Studium der kugelförmigen Sternhaufen, daß in ihnen die absolut hellsten Sterne Absoluthelligkeiten -9ter Größe und darüber aufweisen und überdies Sterne niedrigster effektiver Temperatur sind, also demselben Spektraltyp angehören wie auch α Orionis.

Bei einem so ausgesprochenen Riesenstern wie α Orionis wird man darum durchaus mit einer Absolouthelligkeit von -9^m zu rechnen haben, und da seine scheinbare Helligkeit im Mittel gleich $+ 1^m{,}0$ ist, so liefert die Beziehung

$$\text{Absoluthelligkeit} = \text{scheinbarer Helligkeit} + 5 \cdot \log \pi$$
$$(\pi = \text{Parallaxe})$$

für π einen Wert von 0″,01. Mit diesem Wert der Parallaxe erhält man als linearen Betrag des Durchmessers rund 500 Durchmesser der Sonne.

Man kann nun diesen Wert dazu benützen, um zu entscheiden, *wie weit ein Stern wie α Orionis als schwarzer Strahler aufgefaßt werden darf.* Bezeichnet man nämlich mit J_* die bolometrische Intensität (Intensität der Gesamtstrahlung) eines Sterns, mit T_* seine effektive Temperatur und mit R_* seinen Durchmesser in linearem Maße, während die entsprechenden Größen für die Sonne den Index ⊙ tragen mögen, so gilt

$$\frac{J_*}{J_\odot} = \frac{T_*^4 \cdot R_*^2}{T_\odot^4 \cdot R_\odot^2},$$

falls Stern und Sonne schwarze Strahler sind. Diese Beziehung erlaubt die Berechnung von T_*, wenn Helligkeit und Durchmesser bekannt sind, und zwar unabhängig vom angenommenen Werte einer Parallaxe, falls der Durchmesser im Winkelmaß gegeben wird, wie bei den Messungen nach der Michelsonschen Methode. Denn mit wachsender Parallaxe nimmt der Quotient $\frac{J_*}{J_\odot}$ mit dem Quadrate des Abstandes ab, dafür aber der Quotient $\left(\frac{R_\odot}{R_*}\right)^2$ entsprechend zu, wenn der scheinbare Winkel, unter dem der Durchmesser des Sterns erscheint, fest vorgegeben wird. Der Wert für T_* ist also invariant gegenüber Änderungen der Parallaxe. Für α Orionis liefert die Rechnung, gestützt auf den Wert 0″,047 für den scheinbaren Durchmesser, $T_* = 3050°$; die direkten spektralphotometrischen Messungen *Wilsings* liefern auf Grund des Planckschen Strahlungsgesetzes $T_* = 2950°$. Die Übereinstimmung ist überraschend gut.

Das Volumen von α Orionis muß also etwa das 10^8-fache von dem der Sonne sein, und man muß ihm schon eine mittlere Dichte von etwa 10^{-7} Dichte der Sonne beilegen, falls man nicht annehmen will, daß seine Masse viel Hundert mal so groß ist als die der Sonne. Es ist aber bisher noch eine offene Frage, ob solche Sterne nicht doch bedeutend massiger sind als die Sonne. Verdächtig ist, daß dieser Spektraltyp, dem α Orionis angehört, besonders ausgesprochen eine allgemeine Rotverschiebung seiner Spektrallinien zeigt, und zwar im Betrage von etwa + 4 bis + 5 km. Interpretiert man diese Verschiebung als den von der Relativitätstheorie geforderten Gravitationseffekt, so resultiert für α Orionis eine Masse von rund 3000 Sonnenmassen bei einer mittleren Dichte von etwa $8 \cdot 10^{-5}$ Dichte der Sonne.

So erhebt sich für die kommende Zeit als weitere besonders wichtige Aufgabe die der direkten Bestimmung der Massen solcher Sterne aus dynamischen Kriterien, oder der mittleren Dichte solcher Sterne, bei denen Durchmesserbestimmungen vorliegen.

E. Freundlich.

Zur Ablenkung der Lichtstrahlen im Gravitationsfelde der Sonne. Das Dezemberheft der Monthly Notices of the Roy. Astron. Society bringt einen längeren Aufsatz zu der Ausmessung der 4-Zöllerplatten von *H. N. Russel*, die auf der bekannten Sonnenfinsternisexpedition vom 29. Mai 1919 in Sobral gewonnen wurden, und die den *Einsteineffekt* der Ablenkung der Lichtstrahlen im Gravitationsfelde von den verschiedenen Versuchen am besten bestätigten[1]). Gegen die Art der Auswertung der Platten konnte man nämlich verschiedene Einwände erheben, wie die Berücksichtigung der höheren Refraktionsglieder, Ausgleichung mit 4 Konstanten statt mit 6 usw. All dies wird peinlich genau in der genannten Arbeit nachgeholt. Unter Fortlassen aller Einzelheiten sei hier nur das Ergebnis frei übersetzt:

Die in Sobral erhaltenen 4-Zöllerplatten zeigen mit voller Sicherheit, daß zu der Gravitationsverschiebung eine Verzerrung des Gesichtsfeldes tritt derart, daß alle Distanzen auf den Platten in Richtung der Vertikalen um $^1/_{2000}$ verkürzt sind gegenüber horizontalen Distanzen. *Ohne* diese Distorsion ist die mittlere Differenz zwischen Finsternis und Vergleichsplatten viel größer als der inneren Meßgenauigkeit entspricht. *Mit* der Distorsion und dem *theoretischen* Einsteineffekt (1″,75) stimmen die Beobachtungen besser als zu erwarten. Distorsion und *beobachtete* Gravitationsverschiebung (1″,98) *zusammen* stellen aber die Messungen *viel zu gut* dar, wohl ein Werk des Zufalls. Die Distorsion kann erklärt werden durch eine zylindrische Krümmung des planen Heliostatenspiegels infolge der Sonnenbestrahlung von 12 km Radius (0,2 μ am Rande des 20 cm großen Spiegels).

J. Hopmann.

[1]) Vgl. Naturwissenschaften 1920, S. 20.

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W 9
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck von H. S. Hermann & Co. in Berlin SW 19.